



FORSCHUNGSPLAN

des Leibniz-Instituts für die Pädagogik
der Naturwissenschaften und Mathematik
für die Jahre 2021 bis 2025



Prof. Dr. Olaf Köller, Geschäftsführender Wissenschaftlicher Direktor und
Direktor der Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie
Dr. Uwe Lemberg, Geschäftsführender Administrativer Direktor (kommissarisch)
Prof. Dr. Ute Harms, Direktorin der Abteilung Didaktik der Biologie
Prof. Dr. Aiso Heinze, Direktor der Abteilung Didaktik der Mathematik
Prof. Dr. Jürg Kramer, Direktor der Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer
Prof. Dr. Oliver Lüdtkke, Direktor der Abteilung Pädagogisch-Psychologische
Methodenlehre
Prof. Dr. Knut Neumann, Direktor der Abteilung Didaktik der Physik
Prof. Dr. Ilka Parchmann, Direktorin der Abteilung Didaktik der Chemie
Dr. Melanie Keller, Vorsitzende des Wissenschaftsausschusses

REDAKTION

Olaf Köller, Ute Ringelband, Birgit Hellmann

UMSCHLAGGESTALTUNG / LAYOUT / SATZ

Selina Schnetger, IPN

DRUCK

Hansadruck, Kiel

FOTOS

Cover: © Olea/stock.adobe.com; S. 12 © Syda Productions/stock.adobe.com;
S. 24 © Viacheslav Iakobchuk/stock.adobe.com; S. 36 © WavebreakMediaMicro/
stock.adobe.com; S. 52 © everythingpossible/stock.adobe.com



© 2020

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

Olshausenstraße 62
24118 Kiel

Postanschrift:
IPN · 24098 Kiel

Tel.: 0431 880-5084
Fax: 0431 880-5212

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



INHALT

VORBEMERKUNGEN	5
Strukturierung der Arbeiten in den Jahren 2021 bis 2025	7
Pakt für Forschung und Innovation IV (2021 bis 2030)	9
FORSCHUNGSLINIE FACHLICHES LERNEN IM VORSCHULISCHEN UND SCHULISCHEN BEREICH	13
Determinanten fachlichen Lernens – Kompetenzen als Erträge	14
Folgen fachlichen Lernens – Kompetenzen als Voraussetzungen	20
FORSCHUNGSLINIE PROFESSIONELLE KOMPETENZ VON LEHRKRÄFTEN UND PÄDAGOGISCHEM PERSONAL	25
Entwicklung der professionellen Kompetenz	28
Effekte der professionellen Kompetenz	31
Förderung der Kompetenzentwicklung von (angehenden) Lehrkräften	32
FORSCHUNGSLINIE WISSENSCHAFTSKOMMUNIKATION UND TALENTFÖRDERUNG	37
Untersuchungen zu Motiven, Chancen und Herausforderungen einer Teilnahme an Enrichment- und Outreach-Angeboten	40
Überführung komplexer und gesellschaftsrelevanter Forschungsthemen in zielgruppenadäquate Outreach- und Enrichment-Angebote	44
Nachhaltige Wirkungen durch systemische Vernetzung von Outreach- und Enrichment-Angeboten	47
Strukturelle Vernetzung	48
Inhaltliche Vernetzung als Designfrage	49
Qualifizierung von Kommunikatorinnen und Kommunikatoren und Lehrkräften	50
FORSCHUNGSLINIE METHODENFORSCHUNG UND -ENTWICKLUNG	53
Educational Measurement	54
Educational Assessment	60



VORBEMERKUNGEN

Das IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik ist ein empirisch arbeitendes Bildungsforschungsinstitut und Mitglied der Sektion A (Geisteswissenschaften und Bildungsforschung) in der Leibniz-Gemeinschaft. Laut Satzung soll das IPN durch seine Forschung die Pädagogik der Naturwissenschaften und der Mathematik weiterentwickeln und fördern. Das Institut untersucht diesem Auftrag entsprechend mathematisch-naturwissenschaftliche Bildungsprozesse über die Lebensspanne in einem Ansatz, der neben dem Individuum und dessen familiärer Umwelt Lerngruppen, Institutionen und Bildungssysteme berücksichtigt. Die Arbeiten des IPN werden von sechs Grundannahmen getragen:

- Mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung stellt eine individuelle Grundvoraussetzung für berufliche, gesellschaftliche und kulturelle Teilhabe über die Lebensspanne dar.
- Mathematisch-naturwissenschaftliche Bildungsprozesse werden durch das Zusammenspiel von individuellen Ressourcen einerseits sowie formellen (institutionellen) und informellen Opportunitätsstrukturen andererseits angebahnt.
- Die Ausgestaltung der institutionellen Opportunitätsstrukturen ist Folge gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse auf unterschiedlichen Ebenen (Betreuungs- und Bildungssystem, Betreuungs- bzw. Bildungsinstitution, Lerngruppe) mit erheblichen Effekten auf individuelle Bildungs- und Sozialisationsverläufe.
- Die Nutzung informeller Lerngelegenheiten, die stark durch den familiären Hintergrund und die Peers mitbestimmt wird, ist nur begrenzt gesellschaftlich steuerbar, am ehesten durch ein attraktives Angebot außerschulischer Lernorte (Schülerlabore, Museen etc.).
- Die Erforschung und Förderung mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse erfolgt theoriebasiert und erfordert einen empirischen Zugang, der sich qualitativer und quantitativer Methoden der Sozialwissenschaften bedient und interdisziplinär ist.

- Interdisziplinarität in der thematisch fokussierten Bildungsforschung bedeutet zum einen die enge Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen innerhalb einer Leibniz-Einrichtung. Zum anderen erfordert die steigende Komplexität der Forschungsfragen die Kooperation mit Expertinnen und Experten weiterer Disziplinen in Forschungsverbänden.

Vor dem Hintergrund dieser Grundannahmen hat sich das IPN in den vergangenen Jahren mit einer hohen Dynamik weiterentwickelt. So wurden die Forschungslinien systematisch ausgebaut. Dabei hat das IPN auch seine nationalen und internationalen Forschungsk Kooperationen erweitert. Vor Ort ist die Kooperation mit der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) weiter intensiviert worden. Im Bereich der Wissenschafts-Outreach-Angebote haben IPN und CAU mit zusätzlichen Mitteln der Leibniz-Gemeinschaft und des Landes Schleswig-Holstein einen Leibniz-WissenschaftsCampus eingerichtet (Kiel Science Outreach Campus; KiSOC), dessen Förderung durch die Leibniz-Gemeinschaft 2020 geendet ist, dessen Arbeiten fortgesetzt werden. Im Kontext der strategischen Vernetzungen innerhalb der Leibniz-Gemeinschaft ist die Rolle des IPN in den Leibniz-Forschungsverbänden bzw. -netzwerken Bildungspotenziale und Energiewende hervorzuheben. Mit Partnern des Forschungsnetzwerkes Bildungspotenziale sind bi- und multilaterale Kooperationen entstanden, die in den kommenden Jahren fortgeführt werden sollen. Solche Kooperationen bieten Möglichkeiten, Kräfte zu bündeln und auf entsprechenden Gebieten gemeinsam zu forschen. Zugleich erlauben diese Kooperationen, in der Abstimmung der Agenda Redundanzen zu vermeiden. Auch der Forschungsverbund Energiewende wird in den kommenden Jahren als Netzwerk weiter bestehen. Die in den letzten Jahren aufgebauten Kooperationen werden in diesem Netzwerk vom IPN weiterhin genutzt werden, um die Forschung zu Bildungsprozessen im Kontext der Energiewende zu vertiefen.

Im *Large-scale Assessment* hat das IPN gemeinsam mit der Technischen Universität München und dem Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (DIPF) das vom BMBF und den Ländern geförderte Zentrum für internationale Bildungsvergleichsstudien (ZIB) fortgeführt und Forschungsschwerpunkte im Bereich der Methodenforschung etabliert. Das ZIB ist erstmalig im Jahr 2015 erfolgreich evaluiert worden,

die zweite Förderphase endet 2022. Im Sommer 2020 hat eine zweite Evaluierung stattgefunden, die Grundlage einer dritten Förderphase sein wird.

International sind Kooperationen mit wichtigen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in den Niederlanden, der Schweiz, Luxemburg, Dänemark, England, Schweden, Norwegen, Israel, den USA, Australien, China und Chile vertieft worden.

Strukturierung der Arbeiten in den Jahren 2021 bis 2025

Das IPN hat seine Forschungsvorhaben in einer Matrixstruktur organisiert, in der zum einen die Abteilungen, zum anderen die Forschungslinien jeweils eine Dimension aufspannen. Mit den Forschungslinien ist explizit intendiert, noch deutlicher werden zu lassen, dass das IPN im Sinne der Leibniz-Mission *Theoria cum praxi* zentrale Themenfelder der Bildungsforschung mit hoher gesellschaftlicher Relevanz bearbeitet. Für die Jahre 2021 bis 2025 ergeben sich aus dieser Perspektive vier Forschungslinien, die das IPN bearbeiten wird und die unten ausführlicher dargestellt werden. Es sind dies:

- Fachliches Lernen im vorschulischen und schulischen Bereich
- Professionelle Kompetenz von Lehrkräften und pädagogischem Personal
- Wissenschaftskommunikation und Talentförderung
- Methodenforschung und -entwicklung

Gegenüber dem vorherigen Forschungsplan 2016-2020 wird die Forschungslinie „Bildungsprozesse im Elementarbereich“ als eigenständige Linie nicht fortgeführt. Die dortigen Arbeiten zur Qualität in der Erzieher*innen-Kind-Interaktion, zur Kompetenzentwicklung in den ersten acht Lebensjahren und zur Professionalisierung der pädagogischen Fachkräfte werden in die Forschungslinien „Fachliches Lernen im vorschulischen

lischen und schulischen Bereich“ und „Professionelle Kompetenz“ integriert, zu denen sie eine große thematische Nähe haben.

Mit der Einrichtung einer 7. Abteilung „Fachbezogener Erkenntnistransfer“ des IPN an der Humboldt-Universität zu Berlin zum 1.1.2021 wird es zu einer deutlichen Verstärkung der Arbeiten in den Forschungslinien „Professionelle Kompetenz“ und „Wissenschaftskommunikation und Talentförderung“ kommen. Vor allem die Stärkung im Bereich der Wissenschaftskommunikation und der damit verbundene Wissenstransfer waren im Rahmen der Evaluierung des IPN im Jahr 2017 gefordert worden.

Die vier Forschungslinien erlauben die interdisziplinäre Bearbeitung von Themen, in die alle am IPN angesiedelten Fächer ihre Expertise einbringen können. Wie in der alten Struktur bleibt der Bezug der Arbeiten zu den Fächern (Didaktik der Biologie, Didaktik der Chemie, Didaktik der Mathematik, Didaktik der Physik, Erziehungswissenschaft, Pädagogische Psychologie und Pädagogisch-Psychologische Methodenlehre) erhalten. Die jeweiligen Abteilungsdirektorinnen und Abteilungsdirektoren und ihre Stellvertretungen sind ordentliche, gemeinsam berufene Professorinnen bzw. Professoren der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel bzw. im Falle der Abteilung „Fachbezogener Erkenntnistransfer“ der Humboldt-Universität zu Berlin. Die Differenzierung in die unterschiedlichen Fachdidaktiken folgt der Idee, dass schulische und außerschulische Bildungsprozesse in einem erheblichen Maße fachspezifisch erfolgen und deren systematische Untersuchung die entsprechende Expertise im jeweiligen Fach und in der jeweiligen Fachdidaktik erfordert. Die Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie sichert die Perspektive einer allgemeindidaktisch und pädagogisch-psychologisch orientierten Lehr-Lern-Forschung. Die Abteilung Pädagogisch-Psychologische Methodenlehre trägt mit ihrem besonderen statistisch-methodischen Know-how zu einem sehr hohen Standard bei den statistischen Analysen der gewonnenen Daten bei. Schließlich stellt die Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer sicher, dass wissenschaftsbasiert Formate der Professionalisierung entwickelt, erprobt und evaluiert werden, mit deren Hilfe Forschungsergebnisse des IPN in praktisches Handeln transformiert werden können. Die Abteilungsstruktur garantiert ein hohes Niveau und eine hinreichende Sichtbarkeit der Forschungsarbeiten in den einzelnen Disziplinen. Sie ermöglicht weiterhin, dass alle Wissenschaftlerinnen und

Wissenschaftler eine fachliche Anbindung an die jeweilige Referenzdisziplin behalten und sich in dieser mit Promotionen, Habilitationen und Juniorprofessuren qualifizieren.

Pakt für Forschung und Innovation IV (2021 bis 2030)

Die Leibniz-Gemeinschaft hat die Fortführung des Pakts für Forschung und Innovation für die Jahre 2021 bis 2030 (PFI IV) zum Anlass genommen, den Zuwendungsgebern in einem Grundsatzpapier strategische Ziele für die Umsetzung dieser neuen Paktphase zu benennen. Die Einrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft sollen folgende Akzente setzen:

- Dynamische Entwicklung fördern
- Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft stärken
- Vernetzung vertiefen
- Die besten Köpfe gewinnen und halten
- Infrastrukturen für die Forschung stärken

Das IPN hat diese Ziele systematisch in seine Agenda für die Jahre 2021 bis 2025 aufgenommen.

Dynamische Entwicklung fördern: Wir werden vertieft Möglichkeiten der Nutzung künstlicher Intelligenz in den Bereichen der formativen und summativen Kompetenzmessung eruieren. Wir werden die Erweiterung der Arbeiten auf die Didaktik der Informatik erproben und gemeinsam mit Kooperationspartnerinnen und -partnern aus Informatik und *Educational Technology* Potenziale digitaler Lernumwelten erforschen. Wir werden neue Professionalisierungsformate in der Lehrerfortbildung entwickeln mit dem Ziel, die Unterrichtsqualität im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu steigern.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft stärken: Die strategische Erweiterung des IPN um eine eigene Abteilung zum fachbezogenen Erkenntnistransfer erlaubt zukünftig die Erarbeitung von Formaten, mit de-

nen Forschungserkenntnisse, die am IPN generiert werden, in die Praxis transferiert werden können. Zielgruppe sollen vor allem Multiplikatoren im Schulsystem sein, z. B. in der Lehrerfortbildung Tätige, die mit ihrem Wissen zur Professionalisierung der Lehrkräfte in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern beitragen können. Mit der Forschungslinie zur Wissenschaftskommunikation, der Kieler Forschungswerkstatt, der Beteiligung an den Exzellenzclustern der Universität Kiel und den im KiSOC geschaffenen Strukturen verfügt das IPN über exzellente Voraussetzungen, um in den kommenden Jahren forschungsbasiert Formate zur Förderung des *Public Understanding of Science* zu entwickeln. Hierbei werden digitale Formate eine besondere Rolle spielen.

Vernetzung vertiefen: Bestehende Kooperationen und Vernetzungen sollen in der kommenden Forschungsplanphase fortgeführt werden. Mit der Einrichtung der 7. Abteilung „Fachbezogener Erkenntnistransfer“ werden die kooperativen Arbeiten mit der Humboldt-Universität zu Berlin deutlich zunehmen. Hierzu zählt auch die gemeinsame Berufung der dortigen Abteilungsleitung. Zudem wird die neue Abteilung eng mit einem Netzwerk deutscher Universitäten zusammenarbeiten, das sich um Fragen des Erkenntnistransfers in die Lehreraus- und -fortbildung kümmern wird. Neue Verbünde sollen auch im Bereich der *Learning Analytics* und des digitalen Lernens entstehen, vor allem auch im Bereich der Didaktik der Informatik.

Die besten Köpfe gewinnen und halten: Im IPN arbeiten aktuell drei selbstständige Nachwuchsgruppen mit leistungsstarken promovierten Mitarbeiterinnen in der Leitung. Alle drei Gruppen sollen fortgeführt werden. Zudem wird das IPN versuchen, im Rahmen des Leibniz-Wettbewerbs (SAW) und anderer Förderprogramme weitere Nachwuchsgruppen einzuwerben. Die aktuelle Situation dreier vakanter W2-Stellen erlaubt es dem IPN, für die kommende Forschungsplanphase leistungsstarke Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf professoraler Ebene zu gewinnen.

Infrastrukturen für die Forschung stärken: Auch in der kommenden Forschungsplanphase wird sich das IPN am nationalen Projektmanagement der großen internationalen Schulleistungsstudien (PISA, TIMSS, ICILS) beteiligen und neben der nationalen Berichterstattung zu den Leistungs-

ständen der Schülerinnen und Schüler auch Forschungsfragen mit diesen großen Studien verknüpfen. Im Rahmen des Nationalen Bildungspanels (NEPS) wird sich das IPN als Netzwerkpartner weiter an der Entwicklung von Kompetenztests für unterschiedliche Altersgruppen beteiligen. Dabei setzen wir vollständig auf die Entwicklung technologiebasierter Tests. Die mit diesen Tests generierten Daten werden es den verschiedenen Disziplinen der Bildungsforschung erlauben, wichtige Forschungsfragen zur Kompetenzentwicklung über die Lebensspanne zu beantworten.

Jenseits der aktuellen Ziele des PFI IV wird weiterhin ein besonderes Augenmerk auf die Gleichstellung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu legen sein. Das IPN wird auch zukünftig Wege ausloten, um Nachwuchswissenschaftlerinnen in ihrer Qualifizierung für eine erfolgreiche Karriere in der universitären oder außeruniversitären Forschung zu unterstützen. Die Zeit von 2021 bis 2025 soll daher genutzt werden, weitere selbstständige Nachwuchsgruppen für Frauen einzurichten und diese mit entsprechenden Personal- und Sachmitteln auszustatten.

Schließlich sollen in den Jahren 2021 bis 2025 die vielfältigen Initiativen und Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Beruf und Familie, die in der vorangegangenen Forschungsplanperiode etabliert wurden, verstetigt und ausgebaut werden. Das IPN war das erste Leibniz-Institut, das hinsichtlich der Vereinbarkeit von Beruf und Familie erfolgreich auditiert wurde. Das Institut hat in der abgelaufenen Forschungsplanphase als erste Leibniz-Einrichtung die Dauerzertifizierung erreicht. Flexible Arbeitszeitmodelle, Unterstützung bei der Suche nach Betreuungsplätzen für Kinder ebenso wie eine institutseigene Betreuung von Kindern unter drei Jahren erlauben den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in der Qualifikationsphase, ihre Arbeiten zeitnah nach der Geburt ihrer Kinder fortzusetzen. Das IPN hat sich damit gut aufgestellt, auch zukünftig seinem Auftrag nachzukommen, durch seine Forschung die Pädagogik der Naturwissenschaften und der Mathematik weiterzuentwickeln und zu fördern.



**Forschungslinie Fachliches Lernen im
vorschulischen und schulischen Bereich**

FORSCHUNGSLINIE FACHLICHES LERNEN IM VORSCHULISCHEN UND SCHULISCHEN BEREICH

VERANTWORTLICH: Knut Neumann (Sprecher), Ute Harms, Gabriel Nagy, Ilka Parchmann & Susanne Prediger

Die Befunde der letzten Jahre zu den Erträgen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts weisen darauf hin, dass viele Schülerinnen und Schüler die angestrebten Ziele trotz aller Bemühungen um eine Verbesserung des Unterrichts in Mathematik und den Naturwissenschaften nicht erreichen und auch eine Förderung hoch talentierter Schülerinnen und Schüler noch nicht gut gelingt. Am IPN durchgeführte Untersuchungen zu naturwissenschaftlichen Vorläuferfähigkeiten von Fünfjährigen in Deutschland haben zum Beispiel gezeigt, dass Kinder aus sozial und kulturell benachteiligten Familien gegenüber Kindern aus privilegierten Familien einen Entwicklungsrückstand von 1,5 bis 2 Jahren aufweisen. Der TIMS-Studie 2019 zufolge liegt bereits am Ende der 4. Jahrgangsstufe der Anteil leistungsschwacher Schülerinnen und Schüler in Deutschland bei über 20 Prozent. In der PISA-Studie 2018 zeigte sich, dass mit ebenfalls rund 20 Prozent ein ähnlich hoher Anteil der 15-Jährigen – immerhin ca. 160.000 Schülerinnen und Schüler bundesweit – nicht über Kompetenzstufe I hinauskommt und demzufolge nicht ausreichend auf den Übergang in eine berufliche Erstausbildung vorbereitet ist. Darüber hinaus ist bekannt, dass das Interesse von Schülerinnen und Schülern an Mathematik und den Naturwissenschaften und in der Folge die Bereitschaft, später ein Studium im Bereich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) aufzunehmen oder einen Beruf in diesen Bereichen zu ergreifen, über die Schulzeit hinweg abnimmt.

Eine systematische Ausschöpfung des Potenzials junger Menschen im MINT-Bereich erfordert ein besseres Verständnis darüber, wie ein kumulativer Kompetenzaufbau in Mathematik und den Naturwissenschaften innerhalb von und über Bildungsetappen hinweg gelingen kann. Fragen hierzu adressiert der erste Forschungsschwerpunkt der Forschungslinie, in dem mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen im Wesentlichen als Erträge vorschulischen bzw. schulischen Lernens untersucht werden.

Gleichzeitig ist es von großer theoretischer und empirischer Bedeutung, welche Konsequenzen sich aus erfolgreichem bzw. nicht erfolgreichem mathematisch-naturwissenschaftlichem Kompetenzerwerb für weitere Bildungsetappen, aber auch für die spätere berufliche, kulturelle und gesellschaftliche Teilhabe ergeben. Stellen unzureichende Kompetenzen beispielsweise Risikofaktoren für die erfolgreiche Einfädelung in die berufliche Erstausbildung dar oder für den beruflichen Erfolg im Allgemeinen? Verstärkt sich durch unzureichende Kompetenzen das Risiko eines Studienabbruchs? Wie sieht es beim Übergang vom Elementar- in den Primarbereich aus: Kumulieren Kinder, deren mathematisch-naturwissenschaftliche Vorläuferfähigkeiten im Elementarbereich unzureichend angebahnt wurden, im Verlauf der Primarstufe weitere Defizite? Mit diesen Fragen befasst sich der zweite Schwerpunkt dieser Forschungslinie. Kompetenzen werden dabei als Voraussetzungen nachschulischen Lernens konzeptualisiert.

Determinanten fachlichen Lernens – Kompetenzen als Erträge

Der erste Forschungsschwerpunkt untersucht die Genese und Entwicklung schulisch erworbener Kompetenzen als Voraussetzung für berufliche, kulturelle und gesellschaftliche Teilhabe aus zwei Perspektiven: einer fachlichen, die primär von den fachdidaktischen Abteilungen adressiert wird, und einer generischen, die sich aus den Disziplinen Erziehungswissenschaft und Psychologie speist. Beide Perspektiven verbindet die Definition fachspezifischer Kompetenzen als Konglomerat aus Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften, wie sie für die oben genannte Teilhabe erforderlich sind. Die fachliche Perspektive fokussiert dabei auf die kumulative Entwicklung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Wechselspiel zwischen individuellen fachlichen Voraussetzungen und fachspezifischen Lerngelegenheiten im vorschulischen und schulischen Bereich. Die generische Perspektive betrachtet die Bedeutung individueller kognitiver und nicht-kognitiver Voraussetzungen, des familiären Hintergrunds, der Zusammensetzung von Lerngruppen, überfachlicher Unterrichtsmerkmale sowie institutioneller Rahmenbedingungen für die kumulative Kompetenzentwicklung.

Die Forschung zur Entwicklung von Kompetenzen in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern fokussierte in den Jahren 2016 bis 2020 am IPN zunächst auf konzeptbezogene Kompetenzen, das heißt auf das Wissen über zentrale Konzepte der Fächer und die Fähigkeiten und Fertigkeiten, wie sie zur Erklärung prototypischer Phänomene und Lösung prototypischer Probleme benötigt werden. Dies schloss insbesondere solche Phänomene und Probleme ein, die eine hohe kulturelle und gesellschaftliche Relevanz sowie eine Relevanz für das zukünftige Lernen der Schülerinnen und Schüler haben. Darunter fallen z. B. das Phänomen der Erderwärmung und sein Zusammenhang mit dem Klimawandel oder das Problem der Energiespeicherung und deren Bedeutung für die Energiewende. Abhängig vom Forschungsstand in den einzelnen Fächern wurde dabei untersucht, 1) welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler in welchem Ausmaß in verschiedenen Stadien der Beschulung entwickelt haben, 2) welche fachspezifischen individuellen und institutionellen Bedingungen die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler positiv beeinflussen und 3) wie Schülerinnen und Schüler in ihrer Kompetenzentwicklung bestmöglich unterstützt werden können. Diese Arbeiten sollen in den Jahren 2021 bis 2025 mit dem übergeordneten Ziel fortgesetzt werden, Erkenntnisse zu gewinnen und in die Praxis zu tragen, wie Schülerinnen und Schüler beim fachspezifischen Lernen besser unterstützt werden können:

- In der **Biologie** werden die bisherigen Arbeiten zur Entwicklung konzeptbezogener Kompetenzen (Evolution, Energie) und prozessbezogener Kompetenzen (Bewertung) fortgesetzt. Ergebnisse der vorangegangenen Forschungsplanperiode zeigen die Bedeutung des Wissens über Konzepte wie „Zufall und Wahrscheinlichkeit“ sowie „Zeit“ für die Entwicklung des Wissens über Evolution. In der kommenden Forschungsplanperiode soll untersucht werden, unter welchen Bedingungen dieses Wissen kumulativ zu einer konzeptbezogenen Kompetenz weiterentwickelt werden kann. Über das Wissen hinaus werden dabei Akzeptanz, Einstellungen und weitere nicht-kognitive Merkmale untersucht. In diesem Zusammenhang liegt der Fokus der Studien in den nächsten Jahren auf der Frage, wie formale und non-formale Lerngelegenheiten in den Sekundarstufen I und II die Entwicklung der konzeptbezogenen Kompetenz im Zusammenspiel fördern können. Darüber hinaus

wird im Bereich der Elementar- und der Primarstufe der Frage nachgegangen, wie in diesen frühen Lebensphasen Wissen über Evolution angebahnt werden kann.

Die bisherigen Arbeiten zur Modellierung und Förderung von Wissen über Energie in der Biologie wurden in der letzten Forschungsplanperiode weiterentwickelt und münden in der kommenden Forschungsperiode in Projekte, in denen die Bedeutung des Wissens über Energie für ein Verständnis des Klimawandels (*Climate Literacy*) untersucht wird. Dabei werden auch Merkmale von Lerngelegenheiten in schulischen und außerschulischen Kontexten sowie nicht-kognitive Personenmerkmale der Schülerinnen und Schüler adressiert. Die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten zur Entwicklung der Bewertungskompetenz werden hier ebenfalls aufgegriffen und es soll untersucht werden, wie Lerngelegenheiten zur Auseinandersetzung mit dem Klimawandel gestaltet sein sollten, um kumulativ Bewertungskompetenz zu fördern.

- In der **Chemie** werden die quer- und längsschnittlichen Analysen zur Entwicklung konzeptbezogener Kompetenzen (Materie [Stoff-Teilchen und Struktur-Eigenschafts- Beziehungen], Chemische Reaktion und Energie) weitergeführt. Die bisherigen Befunde liefern Hinweise auf die Höhe der Kompetenzzuwächse, die im Verlauf der Sekundarstufen I und II zu erwarten sind. Dabei zeigt sich jedoch nur wenig Evidenz für eine kumulative Kompetenzentwicklung. Hier sollen weiterführende Untersuchungen ansetzen und der Frage nachgehen, wie ein kumulativer Aufbau konzeptbezogener Kompetenzen unterstützt werden kann. Dabei sollen vor allem Methoden des formativen Assessments und Möglichkeiten fortlaufender Lernverlaufsmessungen aufgegriffen werden, um sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Lehrkräfte bei der Feststellung von Lernfortschritten bzw. Lerndefiziten zu unterstützen. Diese Zielsetzung wird auch von Befunden aus weiteren Vorarbeiten zu Zusammenhängen von Entwicklungsverläufen der konzeptbezogenen Kompetenzen mit weiteren Schülermerkmalen wie dem Interesse unterstützt. Hier zeigt sich beispielsweise, dass das im Unterricht wahrgenommene situative Interesse der Schülerinnen und Schüler durch Methoden formativer Diagnostik positiv beeinflusst wird. Aktuell laufende Interventionsstudien zur Förde-

rung des Interesses sollen entsprechend mit den oben genannten Planungen zunehmend zusammengeführt werden, um bei der Förderung der Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler sowohl kognitive als auch affektive Facetten in den Blick zu nehmen.

- In der **Mathematik** werden im Primarbereich die Untersuchungen zur Entwicklung konzeptbezogener Kompetenzen (arithmetisches Wissen, Leitidee Zahl) in der Grundschule weitergeführt. Im Vordergrund steht dabei die Frage nach der Relevanz spezifischer Bausteine des aktuellen Arithmetikcurriculums der Klassenstufen 1 und 2. Es ist vorgesehen, die Forschungsarbeiten auf den Bereich des Schätzens von Längen (Leitidee Größen und Messen) auszuweiten, der in den Curricula in Deutschland bisher nur wenig systematisch adressiert wird. Für den Sekundarbereich ist vorgesehen, die Kompetenzentwicklung im Verlauf der Sekundarstufen I und II zu untersuchen. Im Fokus steht dabei zum einen die Frage nach der Kumulativität des Kompetenzerwerbs, insbesondere unter Beachtung der Nachhaltigkeit der in der Sekundarstufe I erworbenen arithmetischen und algebraischen Kompetenzen, und zum zweiten die Entwicklung der Kompetenzen im Bereich des formalen Argumentierens und Problemlösens, die im Bereich der voruniversitären Mathematik als zentral anzusehen sind.
- In der **Physik** werden die Arbeiten zur Entwicklung konzeptbezogener Kompetenzen (Energie) fortgesetzt. Die Grundlage dafür bilden ein in vorherigen Arbeiten entwickeltes Modell und darauf aufbauende Untersuchungen der Entwicklung des Wissens über Energie. In der kommenden Forschungsplanperiode soll untersucht werden, inwieweit eine stärkere Orientierung des Physikunterrichts an diesen Erkenntnissen einen kumulativen Wissenserwerb unterstützt. Darüber hinaus sollen Befunde, wonach ein alternativer Zugang zur Vermittlung des Energiekonzepts zu einer günstigeren Kompetenzentwicklung führt, zum Anlass genommen werden zu untersuchen, inwieweit dieser Ansatz nicht nur erfolgreiche Lernprozesse in der Mittelstufe unterstützt, sondern auch eine bessere Grundlage für die Kompetenzentwicklung in der Oberstufe legt. Konkret soll untersucht werden, wie sich die Entwicklung eines

quantitativen Energiebegriffs in der Sekundarstufe II fördern lässt. Nicht zuletzt soll Hinweisen nachgegangen werden, die nahelegen, dass die frühe Erarbeitung von physikalischen Feldern einen positiven Effekt auf die Kompetenzentwicklung hat.

Trotz der fachspezifischen Natur dieser Arbeiten werden sie nicht ausschließlich innerdisziplinär bearbeitet. So ist unter anderem die Forschung zur Entwicklung des Wissens zum Energiekonzept interdisziplinär ausgelegt und findet im engen Austausch zwischen den fachdidaktischen Abteilungen statt. Auch die Beantwortung der Frage nach der Entwicklung eines quantitativen Energiebegriffs wird in enger Zusammenarbeit von Mathematik und Physik erfolgen.

Die generische, pädagogisch-psychologische Perspektive fokussiert auf fächerübergreifende institutionelle und unterrichtliche Rahmenbedingungen schulischer Kompetenzentwicklung. In den Jahren 2016 bis 2020 wurden dabei Effekte der fachlichen Schwerpunktsetzung in der gymnasialen Oberstufe (Profile der Oberstufe in schleswig-holsteinischen Gymnasien) auf die mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Abiturientinnen und Abiturienten untersucht. Im Bereich der Unterrichtsqualität wurden Arbeiten auf der Basis des *Classroom Assessment Scoring System* (CLASS) begonnen, die in der neuen Forschungsperiode fortgesetzt werden sollen. Das CLAS-System eignet sich für Forschungsarbeiten zur Interaktionsqualität sowohl im vorschulischen als auch im schulischen Bereich. Neben Studien zur Unterrichtsqualität wurden auch Untersuchungen zu Effekten des Kontexts (Zusammensetzung der Lerngruppen) auf Leistungsmaße durchgeführt. Schließlich lag ein weiterer Forschungsschwerpunkt in der Untersuchung von Effekten von Persönlichkeitsmerkmalen (*Big Five*) auf fachliche Kompetenzen. In diesen Arbeiten wurde auch untersucht, ob die Ergebnisse durch die Art der Operationalisierung von Kompetenzen (Tests vs. Zeugnisnoten vs. Abiturklausuren) moderiert werden. In der kommenden Forschungsperiode sollen folgende Schwerpunkte gelegt werden, die vielfach unter Nutzung existierender Datensätze (Sekundäranalysen) bedient werden können:

- **Im Elementarbereich:** Sekundäranalysen zu Effekten der Zusammensetzung der Kita- Gruppen auf Vorläuferfähigkeiten (Sprache und Mathematik); längsschnittliche Untersuchungen zur Bedeu-

tung vorschulisch erworbener Sprachkompetenzen auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Vorläuferfähigkeiten; ein Feldexperiment zu Effekten der Verzahnung von Förderprogrammen (Interventionsketten) auf die Entwicklung von Vorläuferfähigkeiten und psychosozialen Merkmalen von Kindern vom ersten bis zum sechsten Lebensjahr.

- **Im Primarbereich:** Sekundäranalysen zu Effekten von Vorläuferfähigkeiten auf mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen im Grundschulbereich; Sekundäranalysen zu Effekten der Klassenzusammensetzung auf den Kompetenzerwerb.
- **Im Sekundarbereich:** Sekundäranalysen zu Effekten von Nachhilfe auf die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern; feldexperimentelle Studien zur systematischen Förderung schwacher Schülerinnen und Schüler im Fach Mathematik durch die Verzahnung von unterrichtsintegrierten und additiven Lernangeboten; dabei auch Analyse von Effekten digitaler Lehr-Lern-Spiele auf die Mathematikleistungen (*Game-based Learning*); Sekundäranalysen zu Effekten von Persönlichkeitsmerkmalen im Zusammenspiel mit fachspezifischen motivationalen Orientierungen auf schulische Kompetenzen; Studien zur Bedeutung generischer Unterrichtsmerkmale für fachspezifisches Lernen.

Mit Blick auf die Etablierung einer neuen Abteilung „Fachbezogener Erkenntnistransfer“ soll in den Jahren 2021 bis 2025 verstärkt ein systematischer Transfer der gewonnenen Erkenntnisse in die fachbezogene Fortbildung von Lehrkräften durch die Qualifizierung und Unterstützung von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren geleistet werden.

Darüber hinaus soll in den Jahren 2021 bis 2025 der steigenden Bedeutung des digitalen Lernens Rechnung getragen werden. Der zunehmende Einsatz digitaler Werkzeuge und Lernmaterialien im Unterricht führt dazu, dass Schülerinnen und Schüler kontinuierlich digitale Artefakte produzieren, die ihren Lernprozess dokumentieren. Diese Artefakte können z. B. digital auf einem Server gespeicherte Texte sein, sie können aber auch Mausklicks oder Logdateien umfassen. Entwicklungen im Bereich *Machine Learning* eröffnen die Möglichkeit, diese Daten auszuwerten und

für eine stärkere Individualisierung des Lernens zu nutzen. Daher soll im kommenden Forschungszeitraum innerhalb dieses Forschungsschwerpunkts eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe *Learning Analytics* eingerichtet werden. Ziel der Arbeitsgruppe ist es zu untersuchen, inwieweit bzw. unter welchen Bedingungen sich aus digitalen Artefakten individuelle Lernverläufe rekonstruieren lassen und inwieweit bzw. unter welchen Bedingungen sich die Produktivität dieser Lernverläufe (im Hinblick auf ihren Beitrag zu einer kumulativen Kompetenzentwicklung) vorhersagen lässt. Dadurch sollen die theoretischen und methodischen Grundlagen der Nutzung digitaler Technologien für ein stärker personalisiertes Lernen in Mathematik und den Naturwissenschaften gelegt werden.

Folgen fachlichen Lernens – Kompetenzen als Voraussetzungen

Der zweite Forschungsschwerpunkt fokussiert auf die Bedeutung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen für zukünftiges Lernen. Konkret sollen folgende Fragen untersucht werden: 1) Inwieweit bereiten die in einzelnen Bildungsabschnitten (Elementarstufe, Primarstufe, Sekundarstufe I und Sekundarstufe II) erworbenen Vorläuferfähigkeiten und motivationalen Orientierungen bzw. Kompetenzen auf die jeweils folgenden Bildungsabschnitte vor? 2) Welche Bedeutung haben im schulischen Bereich erworbene Kompetenzen für das Lernen in nachschulischen Bildungsabschnitten? 3) Welche Effekte haben schulisch erworbene Kompetenzen in Mathematik und den Naturwissenschaften auf kulturelle, berufliche und gesellschaftliche Teilhabe?

Die erste Frage betreffend sollen zunächst Arbeiten intensiviert werden, in denen die Bedeutung von vorschulisch erworbenen Vorläuferfertigkeiten für den Lernerfolg im Primarbereich analysiert werden. Für den Übergang vom Primarbereich in den Sekundarbereich soll im Fach Mathematik untersucht werden, wie Defizite der Primarstufe zu Beginn der Sekundarstufe kompensiert werden können, um anschlussfähiges Lernen bis zum Ende der 9. bzw. 10. Klasse zu ermöglichen.

Ausgehend von den bereits begonnen Arbeiten zu den Zielen der gymnasialen Oberstufe soll in den Jahren 2021 bis 2025 auf die Kompetenzentwicklung in der gymnasialen Oberstufe auf Basis der am Ende der

Sekundarstufe I vorhandenen mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen fokussiert werden. Dabei wird zum einen untersucht, welche in der Sekundarstufe I erworbenen mathematischen Kompetenzen notwendig für einen erfolgreichen Übergang in die Sekundarstufe II sind. Neben dem Übergang in die Sekundarstufe II wird zum anderen auch der Übergang von der Sekundarstufe II in ein MINT-Studium untersucht. Wesentlich ist dabei die Frage, inwieweit voruniversitären mathematischen Kompetenzen prädiktiv für einen erfolgreichen Einstieg in MINT-Studiengänge (hier vor allem Mathematik, Physik, Informatik, Ingenieurwissenschaften) sind.

Hinsichtlich der zweiten Frage wurden in den Jahren 2016 bis 2020 Analysen zur Bedeutung der am Ende der Sekundarstufe I erreichten Kompetenzen und Interessen für Übergänge in die berufliche Erstausbildung durchgeführt. In diesem Rahmen wurde insbesondere auch die Bedeutung beruflicher Interessen in den Blick genommen. Diese Arbeiten sollen in den Jahren 2021 bis 2025 zu Ende geführt werden. Berufliche Interessen gelten neben fachlichen Kompetenzen als zentrale Voraussetzungen erfolgreicher Ausbildungskarrieren. Ein wesentlicher Befund der bisherigen Forschung ist, dass die individuellen Profile beruflicher Interessen, die Präferenzen und Abneigungen gegenüber spezifischen berufsrelevanten Tätigkeiten repräsentieren, proximale Prädiktoren inhaltlicher Wahlentscheidungen darstellen. Dieser Befund bedeutet jedoch nicht, dass Übergänge immer interessenkongruent ausfallen. Jugendliche unterscheiden sich in der Passung ihrer Interessenprofile zu dem in einem Kontext (z. B. in einem Oberstufenprofil, in einem Ausbildungsberuf) vorherrschenden Tätigkeitsprofil voneinander. Die Forschung am IPN zeigt, dass die Interessenpassung ein zentraler Prädiktor für das Erleben und Verhalten zu Beginn der beruflichen Erstausbildung ist. Bislang ist aber wenig darüber bekannt, inwieweit dieser Befund auf andere Kontexte und Bildungsetappen übertragen werden kann (z. B. auf die gymnasiale Oberstufe und das Hochschulstudium). Ebenso fehlt es an Untersuchungen zu den längerfristigen Konsequenzen der Interessenpassung z. B. für Ausbildungsabschlüsse und Übergänge in das Berufsleben. Diese Fragestellungen sollen in den Folgejahren detailliert untersucht werden.

Eine damit eng verwobene Fragestellung richtet sich auf die Plastizität individueller Profile beruflicher Interessen. Die bisherige Forschung liefert

Belege dafür, dass Interessenprofile eine hohe zeitliche Stabilität aufweisen, die aber (graduelle) Veränderungen nicht ausschließt. Somit stellt sich die Frage, inwieweit die vorliegenden Veränderungen systematischer Natur sind und Reaktionen auf veränderte Rahmenbedingungen darstellen. Diese Frage wurde bisher wenig adressiert und soll in den folgenden Jahren am IPN untersucht werden. Am IPN vorhandene Datensätze, die Übergänge zwischen Bildungsabschnitten beinhalten, bieten Möglichkeiten, diese Fragestellung in Sekundäranalysen zu untersuchen.

Sehr gut anschlussfähig an die Arbeiten zum Übergang in die berufliche Erstausbildung sind die für die kommenden Jahre geplanten Arbeiten zum Übergang von der Sekundarstufe II ins Studium. Hier stellt sich insbesondere die Frage, inwieweit schulische Leistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften eine Voraussetzung für den Lernerfolg im tertiären Bildungssystem darstellen.

Zur Bearbeitung der dritten Frage soll in den kommenden Jahren untersucht werden, welche Effekte mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen sich auf beruflicher, kultureller und gesellschaftlicher Ebene nachweisen lassen. Dies umfasst einerseits querschnittlich angelegte Untersuchungen, die nachweisen sollen, dass die im ersten Forschungsschwerpunkt fokussierten schulisch erworbenen (konzeptbezogenen) Kompetenzen Schülerinnen und Schüler erfolgreich darauf vorbereiten, zukünftige Aufgaben z. B. in folgenden Bildungsabschnitten oder im Berufsleben sowie aktuelle Probleme mit persönlicher oder gesellschaftlicher Relevanz zu bewältigen. Dies schließt zum Beispiel Studien zu der Frage ein, inwieweit schulisch erworbene Kompetenz im Umgang mit dem Energiekonzept Schülerinnen und Schüler befähigt, Herausforderungen rund um die Energiewende oder den Klimawandel zu verstehen und zu bewerten. Darüber hinaus sollen Analysen von am IPN vorhandenen longitudinalen Datensätzen (u. a. aus dem Projekt Bildungsverläufe und psychosoziale Entwicklung im Jugend- und jungen Erwachsenenalter, BIJU) Erkenntnisse generieren, inwieweit mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I die gesellschaftliche, berufliche und kulturelle Teilhabe von Personen im Alter von 40 Jahren vorhersagen können. Mit diesen Daten wird es möglich sein, einen wichtigen empirischen Beitrag zu leisten, um die zentrale Bedeutung von *Mathematical Literacy* und *Scientific Literacy* für individu-

elle Entwicklungen bis ins mittlere Erwachsenenalter in einer durch die technologische Entwicklung und insbesondere durch die zunehmende Digitalisierung geprägten Gesellschaft aufzuzeigen.



**Forschungslinie
Professionelle Kompetenz von Lehrkräften
und pädagogischem Personal**

FORSCHUNGSLINIE PROFESSIONELLE KOMPETENZ VON LEHRKRÄFTEN UND PÄDAGOGISCHEM PERSONAL

VERANTWORTLICH: Ute Harms (Sprecherin), Aiso Heinze, Uta Klusmann & Jürg Kramer

Lehrkräfte der Fächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik stehen im Mittelpunkt der Forschungslinie „Professionelle Kompetenz“ am IPN. Die Qualifizierung von Lehrkräften wird als ein entscheidender Beitrag zur Optimierung von Bildungsprozessen betrachtet. Ihr Wissen und Können ist maßgeblich für die Qualität des Unterrichts und für die Bildungserfolge von Schülerinnen und Schülern. Um die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften und von pädagogischen Fachkräften sowie die Qualifizierung von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren in der Lehrkräftebildung zu gestalten, wird theoretisch fundiertes und empirisch gesichertes Wissen benötigt, das Auskunft über die beruflich relevanten Merkmale dieser Berufsgruppen sowie über effektive Maßnahmen ihrer Professionalisierung gibt.

In der Bildungsforschung werden diese beruflich relevanten Merkmale unter dem Begriff der professionellen Kompetenz zusammengefasst und zwei Bereichen zugeordnet. Der erste Bereich umfasst das Professionswissen. Der zweite Bereich bezieht sich auf motivationale, metakognitive und selbstregulative Merkmale. Neben dieser Systematisierung beruht der Kompetenzbegriff auf der Vorstellung, dass es sich hierbei um grundsätzlich erlern- und veränderbare Merkmale handelt. Ausgehend von diesen allgemeinen theoretischen Grundlagen adressieren die Arbeiten dieser Forschungslinie zur Professionalisierung von Lehrkräften und pädagogischem Fachpersonal die drei folgenden übergeordneten Fragen:

- Wie entwickeln sich die verschiedenen Aspekte der professionellen Kompetenz im Laufe der Aus- und Fortbildung?
- Welche Effekte hat die professionelle Kompetenz auf das Handeln von Lehrkräften und die kognitive und motivationale Entwicklung der Schülerinnen und Schüler?
- Wie kann der Aufbau professioneller Kompetenz gefördert werden?

Damit wird die Struktur der Forschungslinie aus der letzten Forschungsplanperiode fortgeführt. Für den Bereich der Lehrkräfte ist die theoretische Grundlage für die geplanten Arbeiten auch weiterhin das in Abbildung 1 dargestellte Rahmenmodell zur Entwicklung, Struktur und Wirkung der professionellen Kompetenz von Lehrkräften. Durch die Etablierung der neuen Abteilung „Fachbezogener Erkenntnistransfer“ sowie die Integration von Bereichen der ehemaligen Forschungslinie „Bildungsprozesse im Elementarbereich“ werden die Forschungsarbeiten nun zusätzlich auf die Fortbildung pädagogischer Fachkräfte im Elementarbereich sowie auf die Qualifizierung von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren in der Lehrkräftebildung ausgeweitet.

In der Forschungsplanperiode 2016 bis 2020 standen umfangreiche Längsschnitterhebungen zum Professionswissen sowie zu motivationalen, metakognitiven und selbstregulativen Merkmalen von Studierenden des Lehramts in den naturwissenschaftlichen Fächern und der Mathematik im Vordergrund. Erste Ergebnisse zur Entwicklung des fachbezogenen Professionswissens zeigen die erwartete Zunahme des fachlichen, fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Wissens im Verlauf des Studiums. Dabei entwickeln sich die fachspezifischen Wissenskomponenten im ersten Studienjahr unabhängig voneinander, und es deutet sich an, dass ein Effekt des universitären Fachwissens auf den Erwerb schulrelevanter Wissenskomponenten wie fachdidaktisches Wissen und schulbezogenes Fachwissen erst mit Verzögerung eintritt. Die ersten Auswertungen zeigten auch, dass die Entwicklung des Professionswissens erwartungskonform maßgeblich von der Anzahl sowie dem Verhältnis fachlicher und fachdidaktischer Lerngelegenheiten bestimmt wird. Weitere Analysen weisen auf eine Abnahme transmissiver Lehrkräfteüberzeugungen im Verlauf des Studiums hin. Demgegenüber zeigen sich kaum Veränderungen in den motivational-emotionalen und selbstregulativen Aspekten der Kompetenz. Die systematische Auswertung der im Berichtszeitraum begonnenen bzw. fortgesetzten umfangreichen Längsschnittstudien wird in der kommenden Forschungsplanperiode einen umfassenden Einblick in die differenzielle Entwicklung der verschiedenen Aspekte der professionellen Kompetenz zukünftiger Lehrkräfte über das gesamte universitäre Studium geben können.

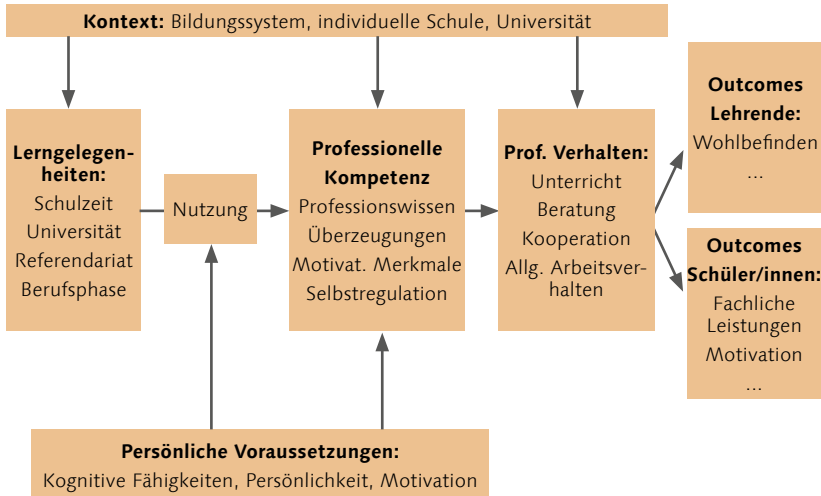


Abbildung 1: Rahmenmodell zur Entwicklung, Struktur und Wirkung der professionellen Kompetenz von Lehrkräften.

Für eine gelingende Professionalisierung von Lehrkräften ist der Übergang des im Studium erworbenen deklarativen Wissens in handlungsbezogene Kompetenzen zentral. Darüber, wie diese Entwicklung erfolgt und welche Einflussfaktoren hier wirken, war bisher wenig bekannt. Die Ergebnisse unserer Studien geben Hinweise darauf, dass insbesondere das fachbezogene Professionswissen prädiktiv für diese Entwicklung ist. Für die Forschungsarbeiten in diesem Bereich wurden computerbasierte Erhebungsumgebungen entwickelt, um gezielt spezifische Aspekte handlungsbezogener Kompetenzen von Lehramtsstudierenden erfassen zu können. Die Nutzung digitaler Werkzeuge zur Simulation von unterrichtlichen Lehr-Lern-Situationen hat sich als vielversprechend erwiesen. Sie wird in der Forschungsplanperiode 2021 bis 2025 weitergeführt und auf den Bereich der Förderung handlungsbezogener Kompetenzen erweitert werden.

Darüber hinaus wurden basierend auf den Erkenntnissen zur Entwicklung des Professionswissens Interventionen entwickelt, die auf eine stärkere Vernetzung von fachlichen und fachdidaktischen Inhalten im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung abzielten. Im Rahmen dieser Interventionen konnte gezeigt werden, dass die Studierenden die Rele-

vanz des akademischen Fachwissens höher einschätzen, wenn es explizit mit schulischen Kontexten verknüpft wurde. Die Relevanzeinschätzung ging zudem mit einem gestiegenem Interesse einher.

In Hinblick auf die nicht-kognitiven Aspekte der Kompetenz konnte gezeigt werden, dass sich der Enthusiasmus der Lehrkräfte positiv in der Unterrichtsqualität manifestiert, wohingegen sich negative Effekte der emotionalen Erschöpfung der Lehrkräfte ergaben. Darüber hinaus wurden die Bedingungen von Erschöpfung und Enthusiasmus untersucht. Für die emotionale Erschöpfung der Lehrkräfte zeigte sich, dass diese insbesondere durch nicht gelingende tägliche soziale Interaktionen verursacht wird. Daran anschließend wurde ein Training sozial-emotionaler Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften entwickelt, durchgeführt und mittels eines quasi-experimentellen Kontrollgruppendesigns positiv evaluiert. Es konnte neben einer hohen Akzeptanz bei den Studierenden auch ein positiver Effekt auf die Regulation von Emotionen und soziale Fähigkeiten gezeigt werden.

Die für die Jahre 2021 bis 2025 geplanten Studien bauen auf den Erkenntnissen der bisherigen Arbeiten auf und haben zum Ziel, Grundlagenwissen und Handlungswissen für die Weiterentwicklung der Lehrkräftebildung (einschließlich der Ebene der Multiplikatorinnen und Multiplikatoren) sowie der Fortbildung pädagogischer Fachkräfte zu generieren.

Entwicklung der professionellen Kompetenz

Die Entwicklung der professionellen Kompetenz von Lehrkräften erfolgt maßgeblich im Laufe der universitären Lehrkräftebildung. Daher soll diese Phase der Professionalisierung auch weiterhin detailliert untersucht werden. Neben dem Professionswissen soll die Entwicklung von lehr-lern-bezogenen sowie fachbezogenen Einstellungen und Überzeugungen von angehenden Lehrkräften sowie das Zusammenspiel dieser Aspekte analysiert werden. Darüber hinaus werden psychosoziale Konstrukte in den Blick genommen. Hierzu zählen unter anderem die Abbruchintention und das Interesse an Pädagogik. Um die Entwicklung dieser Maße abzubilden, wurde bereits eine neue Panel-Studie am Standort Kiel gestartet, die Studierende vom Bachelor-Studium über den Wechsel

zum Masterstudium bis in den Vorbereitungsdienst begleitet und wiederholt befragt. Die detaillierte Beschreibung der Entwicklung der Studierenden über den gesamten Studienverlauf ermöglicht es, Informationen für die verantwortlichen Akteure und Akteurinnen der Lehrkräftebildung am Standort Kiel und darüber hinaus bereitzustellen und damit mögliche Interventionsmaßnahmen zu entwickeln.

In weiteren Studien wird ergänzend die Frage bearbeitet werden, inwieweit Einstellungen und Überzeugungen den Einsatz von Wissen in Handlungssituationen beeinflussen. Für die Untersuchung der Entwicklung handlungsnaher Kompetenzaspekte im Lehramtsstudium wird u. a. auf digitale Simulations- und Erhebungsformate zurückgegriffen. Die Nutzung von virtuellen Klassenumgebungen zur Abbildung von Anforderungen unterrichtlicher Lehr-Lern-Situationen ermöglicht es, Abhängigkeiten zwischen deklarativen und handlungsorientierten Wissensfacetten (z. B. Identifizierung von Fehlvorstellungen in konkreten Schüleraussagen im Unterrichtskontext) zu analysieren. Es wird angestrebt, digitale Simulations- und Erhebungsformate nicht nur zur Kompetenzmessung einzusetzen, sondern sie zu Trainingsinstrumenten weiterzuentwickeln und im Rahmen der universitären Lehre zu evaluieren.

Studien zur Entwicklung der professionellen Kompetenz konzentrieren sich bislang mehrheitlich auf die erste oder zweite Phase der Lehrkräftebildung. Über Entwicklungsverläufe in der weiteren beruflichen Karriere ist wenig bekannt. Daher werden mittels einer Follow-up-Erhebung der COACTIV-R-Stichprobe die längerfristige Entwicklung und die Wirkung der in der Lehramtsausbildung erworbenen Kompetenz auf den späteren Berufserfolg der Lehrkräfte untersucht. Zur Beschreibung des Berufserfolgs werden dabei Unterrichtsqualität, schulisches Engagement und berufliche Zufriedenheit betrachtet. Darüber hinaus sollen Ressourcen und Risikofaktoren für die Entwicklung der professionellen Kompetenz im Laufe der ersten zehn Berufsjahre identifiziert werden.

Durch die Etablierung der neuen Abteilung „Fachbezogener Erkenntnis-transfer“ werden die Arbeiten zur Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften im Beruf ab dem Jahr 2021 erweitert. Dabei werden zusätzlich Multiplikatorinnen und Multiplikatoren in der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften sowie pädagogische Fachkräfte in den Blick

genommen. Das Professionalisierungsformat in der dritten Phase der Lehrkräftebildung sind Fortbildungsveranstaltungen. Für die Gestaltung effektiver Fortbildung muss detailliert verstanden werden, wie Lehrkräfte – und auch pädagogische Fachkräfte – bestimmte Fortbildungsinhalte lernen. Deshalb werden Lernprozesse zu ausgewählten fachbezogenen Themen im Rahmen von Fortbildungen untersucht. Die hieraus abgeleiteten Erkenntnisse werden im Anschluss für eine evidenzbasierte Konzeption von Fortbildungsmaßnahmen genutzt werden. Um Multiplikatorinnen und Multiplikatoren bestmöglich für ihre Tätigkeit zu qualifizieren, wird untersucht, wie ihre professionelle Kompetenz strukturiert und ausgeprägt ist und wie ihre Lernwege in gezielt entwickelten Qualifizierungen verlaufen. Hierbei werden spezifische Fachinhalte ebenso wie pädagogisch-psychologische Aspekte berücksichtigt. Die Erkenntnisse dienen als Grundlage für das Design von Qualifizierungsmaßnahmen.

Ein anhaltendes Problem des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es, dass es ihm immer noch nicht gelingt, möglichst viele Schülerinnen und Schüler für die MINT-Fächer zu begeistern. Wie unter anderem die PISA-Ergebnisse und der IQB-Bildungstrend des Jahres 2018 zeigen, ist das Interesse sogar leicht rückläufig. Ausgehend von dieser Problematik widmet sich die Forschungslinie „Professionelle Kompetenz“ abteilungsübergreifend der Untersuchung von fachbezogenen emotional-motivationalen Lehrkraftmerkmalen, die über die fachliche Expertise der Lehrenden hinausgehen und möglicherweise Einfluss auf das fachbezogene Interesse von Schülerinnen und Schülern haben. In einem ersten Ansatz wird der Enthusiasmus von Lehrkräften betrachtet, der in zwei Komponenten beschrieben werden kann. Er besteht aus einer affektiven Komponente, die sich auch als empfundene Freude beschreiben lässt, sowie einer Verhaltenskomponente. Es lassen sich generische Aspekte (Enthusiasmus für das Unterrichten) sowie fachspezifische Aspekte (Enthusiasmus für das Fach sowie das Unterrichten des Faches) unterscheiden. In den kommenden Jahren soll zunächst untersucht werden, welche Rolle das Lehramtsstudium bei der Entwicklung generischer und fachspezifischer Aspekte des Lehrkräfteenthusiasmus spielt. In diesem Zusammenhang steht auch die Frage nach der Bedeutung des Zusammenspiels mit anderen Aspekten der professionellen Kompetenz. Diese Fragestellungen sollen mittelfristig über alle drei Phasen der Lehrerbildung hinweg untersucht werden.

Effekte der professionellen Kompetenz

Professionelle Kompetenz von Lehrkräften wirkt sich sowohl auf zentrale Merkmale der Lehrkräfte selbst als auch auf die Lernenden aus (vgl. Abb. 1). Die Forschung am IPN wird in der kommenden Forschungsplanperiode hierzu Fragen in den Blick nehmen. Aufbauend auf den Arbeiten der vorherigen Forschungsplanperiode wird bei der Untersuchung von Effekten der professionellen Kompetenz auf die Entwicklung von Schülerinnen und Schülern auf die Schulleistung und Motivation leistungsschwacher Lernender fokussiert. Diese Arbeiten, die insbesondere differenzielle Effekte von Lehrkraftmerkmalen wie Wissen, Motivation und Überzeugungen untersuchen, werden im Rahmen der neu eingerichteten Tandem-Nachwuchsgruppe IMPULSE in Kombination mit korrespondierenden Studien der Forschungslinie „Fachliches Lernen im vorschulischen und schulischen Bereich“ durchgeführt.

Parallel zu den oben beschriebenen Fragestellungen zur Entwicklung von Enthusiasmus seitens der Lehrkraft als Aspekt der professionellen Kompetenz werden in diesem Schwerpunkt Fragen zur Wirkung von Enthusiasmus untersucht. Die Forschungsarbeiten adressieren sowohl intraindividuelle Effekte von Aspekten der professionellen Kompetenz von Lehrkräften auf die Facetten des Enthusiasmus als auch Zusammenhänge zwischen den Facetten des Enthusiasmus. Darüber hinaus werden Effekte des Enthusiasmus von Lehrkräften auf Emotionen und die Motivation von Schülerinnen und Schülern analysiert. Neben der globalen Betrachtung der Effekte über die verschiedenen Fächer hinweg wird aus fachdidaktischer Perspektive die Frage verfolgt, inwieweit spezifische Merkmale der Fächer Einfluss auf die Facetten des Enthusiasmus von Lehrkräften haben. So soll beispielsweise untersucht werden, ob der Enthusiasmus der Lehrkräfte zwischen fachlichen Teilgebieten mit unterschiedlichem Charakter (z. B. Geometrie vs. Algebra, Evolution vs. Ökologie), zwischen Phasen verschiedener unterrichtlicher Aktivitäten (z. B. Einführung von Begriffen, automatisierendes Üben, Experimentieren) oder sogar zwischen ihren beiden Fächern (z. B. Mathematik vs. Biologie) variiert. Auch soll untersucht werden, inwieweit der Enthusiasmus der Lehrkraft in eher unbeliebten Fächern im Vergleich zu beliebten Fächern für Effekte auf Schülerinnen und Schüler bzw. die Lehrkräfte selbst eine Rolle spielt. Die Ergebnisse können Hinweise darauf geben, ob sich durch eine diffe-

renziertere Betrachtung ein Mehrwert für die Forschung und die Praxis, etwa für die Gestaltung von Fördermaßnahmen, ergibt.

Förderung der Kompetenzentwicklung von (angehenden) Lehrkräften

Experimentelle und quasi-experimentelle Studien sollen die Wirkungen von Interventionen zur Förderung der professionellen Kompetenz im Lehramtsstudium, im Vorbereitungsdienst, in der Berufspraxis und bei Seiteneinsteigerinnen und Seiteneinsteigern in den Lehrkräfteberuf beleuchten. Dazu werden verschiedene Fördermaßnahmen untersucht, mit denen einerseits die Beantwortung grundlagenorientierter Fragestellungen zu Aspekten der Kompetenzentwicklung von Lehrkräften adressiert und andererseits der Transfer von Maßnahmen in die drei Phasen der Lehrkräftebildung verfolgt wird. Diese Arbeiten werden ergänzt durch Studien, die auf einem Design-Research-Ansatz basieren und auf die dritte Phase der Lehrkräftebildung gerichtet sind. Hier sollen Maßnahmen für die Fortbildung von Lehrkräften entwickelt und implementiert werden.

Einen zentralen Ansatz in diesem Schwerpunkt zur Förderung der professionellen Kompetenz stellen Studien zur Verbesserung des Lehramtsstudiums dar. So werden verschiedene Ansätze zur Förderung handlungsnaher fachspezifischer Kompetenzen implementiert und auf ihre Wirkung untersucht. Wesentliches Element ist dabei die Situierung von fachspezifischen Anforderungen des Unterrichts (z. B. Diagnostizieren und lernförderliches Reagieren auf Vorstellungen von Lernenden), die in computergestützten Lernumgebungen präsentiert werden. Die Studien bauen auf grundlagenorientierten Ergebnissen der vorherigen Forschungsplanperiode auf, die für die Lehrkräftebildung nutzbar gemacht werden sollen.

Weitergeführt werden die Untersuchungen zur Diskrepanz zwischen Studienerwartungen und Studienerfahrungen bei Lehramtsstudierenden in der Studieneingangsphase. Mit dem Ziel, die wahrgenommene Relevanz fachwissenschaftlicher Studieninhalte für die späteren professionellen Anforderungen bei den Lehramtsstudierenden zu erhöhen, sollen ergänzende Lerngelegenheiten entwickelt und implementiert werden. Diese sollen die inhaltlichen Beziehungen der vertieften universitären Fachinhalte mit der zukünftigen Unterrichtstätigkeit der angehenden Lehrkräfte

bereits in der Studieneingangsphase aufzeigen. Untersucht wird dabei u. a., inwieweit zu Beginn des Studiums die Lernmotivation bei Lehramtsstudierenden erhöht werden kann, um so die Wahrscheinlichkeit eines Studienabbruchs aufgrund eines ungünstigen Passungsverhältnisses von Studierenerwartungen und Studiererfahrungen zu reduzieren. Auch die Studien zur Effektivität von Trainingsmaßnahmen zu sozial-emotionalen Aspekten professionellen Handelns werden fortgesetzt. Der Förderansatz für diese generischen Aspekte professioneller Kompetenz soll nach einer erfolgreichen Evaluation für die erste Phase der Lehramtsausbildung auch für Lehrkräfte in der zweiten und dritten Phase adaptiert werden. Die Trainings widmen sich der Förderung der Emotionsregulation sowie der Förderung sozialer Fähigkeiten, die bislang im Verlauf der Professionalisierung kaum systematisch untersucht werden.

Aufbauend auf ersten Ergebnissen der Untersuchungen zum Enthusiasmus von Lehrkräften sollen auch Maßnahmen zur Förderung des Enthusiasmus von Lehrkräften für das Unterrichten (des Fachs) sowie für das Fach selbst entwickelt und untersucht werden. Hier sind experimentelle und quasi-experimentelle Studien mit Lehramtsstudierenden und Lehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer und der Mathematik geplant. Die Ergebnisse sollen Aufschluss über die Fragen geben, inwieweit Enthusiasmus förderbar ist und welche Mechanismen im Falle der Förderbarkeit zugrunde liegen. Zudem werden Hinweise auf die Effektivität ausgewählter Interventionen erwartet.

Bei der (Weiter-)Entwicklung von Fortbildungs- und Qualifizierungskonzepten für die dritte Phase der Lehrkräftebildung sowie für pädagogische Fachkräfte und Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren soll geprüft werden, inwiefern die evidenzbasierten Angebote bzw. ausgewählten Designelemente die intendierten Effekte auf unterschiedlichen Wirkungsebenen erzielen. Dabei werden die angeregten Lehr-Lernprozesse bei Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren, Lehrkräften und pädagogischen Fachkräften sowie Effekte auf Ebene der Kinder und Jugendlichen betrachtet. Zentral für die Fortbildung der genannten Adressatengruppen ist die effektive Nutzung von Materialien und Formaten von Selbstlernangeboten. Daher sollen Adaptionsprozesse der verschiedenen Adressatengruppen bei der Nutzung dieser Angebote untersucht werden, um die

Hintergründe dieser Adaptionen zu verstehen und Ansätze zur Anpassung der Angebote ableiten zu können.

Ein zusätzlicher neuer Fokus der Forschungslinie wird auf der Weiterentwicklung von Qualifizierungsangeboten für Seiteneinsteigerinnen und Seiteneinsteiger liegen. Aufbauend auf Fallstudien zu Rollen, Chancen und Herausforderungen der kollegialen Einbindung von Seiteneinsteigerinnen und Seiteneinsteigern werden hier gemeinsam mit der Universität Kiel, dem schleswig-holsteinischen Landesinstitut für Lehrkräftebildung (IQSH) und dem Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein Vorbereitungs- und Qualifizierungsmaßnahmen entwickelt und empirisch begleitet, die bereits in der Phase der wissenschaftlichen Qualifizierung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern, also vor der Entscheidung für einen potenziellen Seiteneinstieg, ansetzen.



**Forschungslinie Wissenschafts-
kommunikation und Talentförderung**

FORSCHUNGSLINIE WISSENSCHAFTS- KOMMUNIKATION UND TALENTFÖRDERUNG

VERANTWORTLICH: Ilka Parchmann (Sprecherin), Knut Neumann, Carolin Enzingmüller & Melanie Keller

Die Begegnung mit Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik sowie der Erwerb entsprechender Kompetenzen in diesen Fächern hat sich in vielen Bildungssystemen zunehmend auf zwei Säulen ausgerichtet: 1) die formale Schulbildung (vgl. Forschungslinie „Fachliches Lernen im vorschulischen und schulischen Bereich“), die nach Fächern gegliedert, manchmal auch fächerintegriert Gelegenheiten zum Aufbau von Kompetenzen bieten soll, sowie 2) die unterrichtsergänzenden und außerschulischen Enrichment-Angebote für Schülerinnen und Schüler sowie Angebote informellen Lernens beispielsweise in Museen. Unterrichtsergänzende Angebote sind in Verbindung mit *Science Outreach* oder Wissenschaftskommunikation von besonderem Interesse, da die Anbindung an aktuelle Themen und authentische Verfahren der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung dort oftmals enger ist, als der Regelunterricht es aufgrund formaler und zeitlicher Restriktionen sein kann. Diese vielfach eher informellen Angebote sind bislang jedoch wenig konzeptionell und strukturell mit schulischen Lernangeboten verbunden.

Um eine solche Parallelität oder gar Konkurrenz dieser beiden Lernwelten zu verringern, sind Ansätze ihrer Verknüpfung, etwa unter dem Stichwort *Educational Ecosystems*, wünschenswert. Damit verbunden sind aus Sicht der Bildungswissenschaften eine Reihe von Forschungsfragen sowie von Anforderungen an und Chancen für die Gestaltung solcher Bildungsökosysteme: Wie können schulische und außerschulische Bildungsangebote systematischer vernetzt werden, um jeweils spezifische Nischen zu füllen und Synergien zu ermöglichen? Wie können Angebote gestaltet werden, sodass sie die verschiedenen Perspektiven der Expertinnen und Experten, der Vermittelnden und der Nutzenden/Lernenden zielführend zusammenbringen? Welche Voraussetzungen müssen Kommunikatorinnen und Kommunikatoren bzw. Lehrende dafür mitbringen und welche die Nutzerinnen und Nutzer, wenn man berücksichtigt, dass die Begegnung mit naturwissenschaftlich-technischen Entwicklungen in Alltag, Gesellschaft und Beruf ein Leben lang andauert?

Am IPN wurden daher in der vergangenen Forschungsplanperiode zunächst Strukturen unter zwei zentralen Perspektiven aufgebaut und über verschiedene Programme und Projekte inhaltlich ausgestaltet, die im neuen Forschungsplan empirisch und theoretisch fundiert und im Sinne der *Educational Ecosystems* weiter vernetzt werden sollen:

- Enrichment-Angebote wie Wettbewerbe, Schülerlabore und Schülerforschungszentren mit den Zielen der Talent- und Breitenförderung (Kernstrukturen: ScienceOlympiaden, Kieler Forschungswerkstatt (KiFo), Netzwerk Schülerforschungszentren Schleswig-Holstein).
- Outreach-Angebote für Jugendliche und Lehrkräfte, die von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und Kommunikatorinnen und Kommunikatoren gemeinsam entwickelt und gestaltet werden. Sie bieten aufbauend auf dem Regelunterricht Potenziale, um aktuelle, gesellschaftlich relevante Fragen mit authentischen Zugängen für Bildung zu erschließen (Kernstrukturen: Kieler Forschungswerkstatt, Kiel Science Outreach Campus KiSOC, Kooperationen mit anderen Leibniz-Einrichtungen).

Die Forschungslinie verbindet mit ihrem Ansatz der forschungsbasierten und forschungs- begleiteten Entwicklung *Theoria cum praxi* im Sinne des Mottos der Leibniz-Gemeinschaft. Übergreifende Forschungsziele mit theoretischer und empirischer Fundierung sind mit Entwicklungsarbeiten und Transferstrukturen verbunden; das IPN übernimmt damit zentrale Aufgaben in internationalen, bundesweiten und regionalen Verbänden. Beispiele sind die Organisation der bundesweiten Auswahlrunden für die internationalen Science Olympiaden, die KiFo als *Joint Lab* zwischen IPN und CAU, die über den Leibniz-WissenschaftsCampus KiSOC geschaffenen Strukturen insbesondere mit den Forschungsverbänden der CAU sowie die Initiierung von und Einbindung in kooperative Leibniz-Strukturen, u. a. in der Vermittlungsforschung der Leibniz-Forschungsmuseen.

Der neue Forschungsplan strebt an, die bisherigen Schwerpunkte und Einzelmaßnahmen stärker zu vernetzen und die Forschungsperspektiven sowie die darauf aufbauende Entwicklung unter drei Leitfragen zu stellen:

1. Welche Motive, Chancen und Herausforderungen fördern oder behindern die Teilhabe an Enrichment- und Outreach-Angeboten?
2. Wie können aktuelle, komplexe und interdisziplinäre Forschungsinhalte in zielgruppenadäquate Outreach- und Enrichment-Angebote überführt werden?
3. Wie können durch eine systemische Vernetzung von Enrichment- und Outreach-Angeboten nachhaltige Wirkungen erzielt werden?

Die erste Frage betrachtet Teilnehmende ebenso wie Umfeldfaktoren. Neben vergleichenden Untersuchungen über verschiedene Enrichment-Angebote hinweg sollen ausgewählte Teilnehmendengruppen besonders in den Blick genommen werden. Ein Beispiel ist die verstärkte Attrahierung und Förderung von Mädchen in Breiten- und Spitzenförderangeboten oder die Gewinnung von Personen aus Einzugsbereichen mit geringerer Affinität zu außerschulischen MINT-Bildungsangeboten. Darüber hinaus werden Fragen adressiert, wie Angebote gestaltet sein müssen, damit sie für die Teilnehmenden mit ihren jeweiligen individuellen Voraussetzungen besser und nachhaltig nutzbar sind (siehe das für die Arbeiten der Forschungslinie adaptierte Angebots-Nutzungsmodell in Abbildung 1).

Die zweite Leitfrage fokussiert auf den Prozess der Gestaltung der Angebote. Hier werden insbesondere fachinhaltlich wie auch fachdidaktisch wissenschaftsbasierte Co-Design-Modelle eines erfolgreichen Zusammenwirkens verschiedener Expertisegruppen aus Wissenschaft und Design in *Professional Communities of Practice* betrachtet. Die forschungsbasiert entwickelten Prototypen verschiedener Outreach- und Enrichment-Angebote werden hinsichtlich kognitiver, affektiver und emotionaler Wirkungen evaluiert.

Die dritte Leitfrage schließlich strebt übergreifend an, Faktoren eines erfolgreichen Vernetzens von Angeboten sowohl auf der individuellen als auch auf der institutionellen Ebene zu identifizieren und darauf aufbauend Entwicklungen im Sinne von *Educational Ecosystems* strukturell zu unterstützen. Hier sind mittelfristig verstärkt Studien geplant, die Entwicklungen und Wirkungen sowohl im Vergleich als auch in der Verknüpfung verschiedener Angebote über *boundary objects* untersuchen.

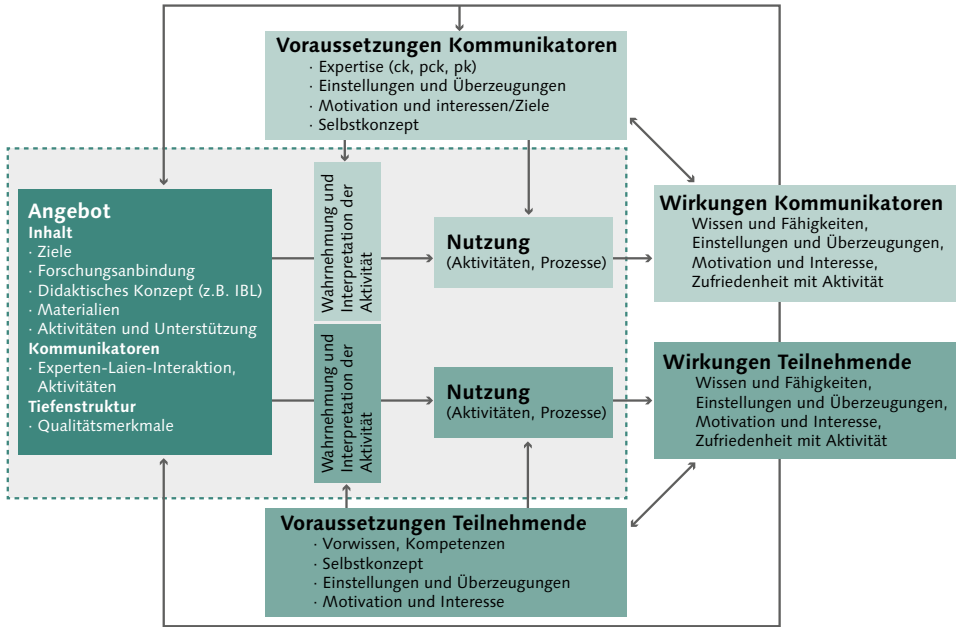


Abbildung 1: Angebots-Nutzungsmodell als Rahmen für die Untersuchung und Gestaltung von Enrichment- und Outreach-Angeboten

Untersuchungen zu Motiven, Chancen und Herausforderungen einer Teilnahme an Enrichment- und Outreach-Angeboten

Aufbauend auf Vorgängerarbeiten wurde im Jahr 2016 begleitend zu den ScienceOlympiaden ein abteilungsübergreifendes Verbundprojekt gestartet, das Teilnehmende aller Olympiaden und des Bundesumweltwettbewerbs über verschiedene Runden empirisch begleitet und mit nicht teilnehmenden Jugendlichen vergleicht. Nach jeder Runde werden zudem Vergleiche zwischen denjenigen, die eine Runde weiterkommen, und denjenigen, die ausscheiden, vorgenommen, um positive Effekte ebenso wie mögliche unerwünschte Wirkungen eines Scheiterns identifizieren zu können. Die Datenerhebung ist weitestgehend abgeschlossen, die Datenauswertungen sind jedoch Bestandteil der kommenden Forschungs-

phase. Zudem wurde der bereits umfangreiche Datensatz im Jahr 2020 noch durch letzte Erhebungen einer Kontrollgruppe ergänzt, um Gründe für die Nichtteilnahme naturwissenschaftlich talentierter Jugendlicher an den Wettbewerben zu erfassen.

Erste Ergebnisse weisen unter anderem auf die generelle Rolle des fachspezifischen Selbstkonzepts und Interesses für die Qualifikation für höhere Wettbewerbsrunden hin. Weiterhin konnte basierend auf der Theorie der Kausalattributionen bereits belegt werden, dass Teilnehmende, die sich für die nächste Runde der Internationalen PhysikOlympiade qualifiziert hatten, dies auf ihre Fähigkeiten attribuierten, wohingegen ausgeschiedene Teilnehmende ihr Wettbewerbsergebnis nicht auf mangelnde Fähigkeiten zurückführten, was sich in beiden Fällen positiv auf ihr Selbstkonzept auswirkte. Weitere Interaktionen von Faktoren des hinterlegten Erwartungs-Wertmodells werden mit Blick auf die Interpretation von (Nicht-)Teilnahme und (Nicht-)Erfolgskriterien analysiert.

Mit Blick auf die Entwicklung von Kompetenzen ist es mittels eines eigens entwickelten Instruments gelungen zu analysieren, wie sich die Fähigkeit zur Lösung komplexer physikalischer Probleme im Verlauf der Physikolympiade entwickelt. Diese Analysen sollen in der kommenden Forschungsplanperiode erweitert werden. Darauf aufbauend soll untersucht werden, wie Problemlösefähigkeiten in den Olympiaden insgesamt besser gefördert werden können. Für den Bundesumweltwettbewerb standen ergänzend Fragen zur Bewertungskompetenz bei der Bearbeitung von *Socio-scientific Issues* im Fokus; diese werden in Verbindung mit Projekten aus anderen Forschungslinien, unter anderem zum Klima- und Energieverständnis, fortgeführt.

Eine spezifische Forschungsperspektive richtet sich auf die Teilnahme und den Erfolg von Mädchen, wobei ebenfalls auf vorhergehende Untersuchungen zur Chemie- und PhysikOlympiade (IChO und IPHO) und den dortigen unterschiedlichen Befunden für Jungen und Mädchen aufgebaut wird. Auch in den ScienceOlympiaden zeigen sich die erwartbaren fachbezogenen Unterschiede in der Erstrandenteilnahme, darüber hinaus nimmt der Anteil der teilnehmenden Mädchen jedoch über die Runden hinweg überproportional ab. Genauere Analysen zeigen dazu, dass implizite, bei an der Internationalen ChemieOlympiade teilnehmenden

Jungen und Mädchen verbreitete Geschlechterstereotype (hinsichtlich der Rolle von Frauen in den Naturwissenschaften) einen negativen Effekt auf die Bereitschaft von Mädchen hatten, an späteren Wettbewerbsrunden und Wettbewerben zu partizipieren. Dies kann neben Leistung und Selbstkonzept als ein weiterer möglicher Grund für die deutliche Unterrepräsentation und das schlechtere Abschneiden von Mädchen in den höheren Wettbewerbsrunden gedeutet werden. In den kommenden zwei Jahren werden diese Fragestellungen mit Fokus auf die Bedeutung von Geschlechterstereotypen und auf (fehlende) wahrgenommene Unterstützungsperspektiven weiterverfolgt. In einem weiteren Projekt wurden ergänzend identitätsschützende und –stärkende Interventionsmaßnahmen, die in den letzten beiden Jahren entwickelt und in einem Ergänzungsprogramm zur PhysikOlympiade eingesetzt wurden, hinsichtlich ihrer Wirksamkeit für das Zugehörigkeitsgefühl (*Sense of Belonging*) der Mädchen evaluiert. Daran anschließend sollen Möglichkeiten erarbeitet werden, diese Interventionsmaßnahmen im regulären Programm der PhysikOlympiade einzusetzen.

Die Befunde aus der Wettbewerbsforschung werden weiterführend mit anderen, nicht kompetitiven Enrichment-Angeboten verglichen, um zukünftig gezielter und gestuft Fördermaßnahmen entwickeln und empfehlen zu können. Im Rahmen der Begleitforschung zum Netzwerk Schülerforschungszentren Schleswig-Holstein werden Teilnehmende im Vergleich zu nicht teilnehmenden Schülerinnen und Schülern mittels *Mixed-Methods-Designs* charakterisiert, der potenzielle Einfluss der Tätigkeit in Schülerforschungszentren auf Entwicklungsverläufe von Kindern und Jugendlichen wird untersucht und die unterschiedlichen Strukturen von Schülerforschungszentren (zentral vs. dezentral, Forschungscamps vs. wöchentliches Forschen, Verortung an Schulen vs. Verortung an Universitäten bzw. externen Bildungseinrichtungen) werden mit weiteren Enrichment-Maßnahmen und Förderangeboten an Spezialschulen verglichen. Neben den schleswig-holsteinischen Schülerforschungszentren sind aktuell Erhebungen in Hamburg und Bayern geplant, weitere Schülerforschungszentren aus anderen Bundesländern haben ebenfalls Interesse an der Teilnahme an den Befragungen geäußert. Das Netzwerk der Kieler Forschungswerkstatt soll zudem durch begonnene Kooperationen mit städtischen Einrichtungen und einem Förderschulnetzwerk auf dem

Kieler Ostufer ausgeweitet werden, um spezifisch Jugendliche aus bislang wenig teilnahmeaffinen Umfeldern zu erreichen.

Das Projekt IBOint schließlich erweitert die Perspektive mit Blick auf die Wirkweisen internationaler Auswahlwettbewerbe, einem Bereich, zu dem bisher kaum Forschungsergebnisse vorliegen. Dies geschieht am Beispiel der Internationalen BiologieOlympiade (IBO), einem Wettbewerb für die je vier besten Kandidatinnen und Kandidaten aus aktuell fast 80 nationalen Vorauswahlen. Zunächst wurde mittels quantifizierender Inhaltsanalysen untersucht, welche Aufgabenmerkmale charakterisierend für die Examina von Biologie-Olympiaden sind. Analoge Untersuchungen wurden in den letzten Forschungsplanperioden auch zu Aufgabenmerkmalen über verschiedene Runden in der IChO und in der Internationalen JuniorScienceOlympiade (IJSO) durchgeführt, letztere wiederum basierend auf einem Schema zu IPhO-Aufgaben. Darauf aufbauend wird analysiert, wie die Teilnahme an der IBO nicht-kognitive Personenmerkmale sowie fachliche Kompetenzen und soziale Fähigkeiten der Olympioniken beeinflusst. Hierzu wurde eine Fragebogenstudie im *Pre-Post-Delay-Design* durchgeführt. Weiterführende Interviewstudien mit IBO-Teilnehmenden (*Pre-Post*) und Alumni (retrospektiv) befinden sich aktuell in Vorbereitung. Durch die Ausrichtung nationaler Wettbewerbe auf die Ausgestaltung der internationalen Endrunden der ScienceOlympiaden haben diese das Potenzial, weltweit eine sehr große Schülergruppe zu beeinflussen – z. B. mit Blick auf die Ausschärfung fachlicher Interessen und späterer Berufswünsche. Die Ergebnisse zielen entsprechend darauf ab, die Wirkweisen internationaler Science Olympiaden zu optimieren.

Die erste Leitfrage wird damit sowohl unter der Frage der Attrahierung und Selektion als auch der Entwicklung potenzieller Talente betrachtet. Die am IPN etablierten ScienceOlympiaden bilden einen gemeinsamen Nukleus für diese Untersuchungen, werden jedoch mit anderen Enrichment-Maßnahmen in Verbindung gebracht. Mittelfristig ist vorgesehen, die vorhandenen Formate, die neben den kompetitiv angelegten Wettbewerben auch nicht kompetitive Angebote wie die Schülerforschung beinhalten, zunehmend mit neu entwickelten Themen und Lernumgebungen im Sinne des *Science Outreach* zu ergänzen und diese analog in empirische Studien einzubinden.

Überführung komplexer und gesellschaftsrelevanter Forschungsthemen in zielgruppenadäquate Outreach- und Enrichment-Angebote

Science Outreach und Wissenschaftskommunikation sind ein internationales Trendthema, das aktuell unter den Schlagwörtern *Public Engagement*, Partizipation und Vertrauen intensiv diskutiert wird. Am Diskurs zunehmend beteiligt sind unterschiedliche wissenschaftliche Gruppen, die Theorien und Konzepte aus ihren jeweiligen Disziplinen einbringen. In der Forschungslinie „Wissenschaftskommunikation und Talentförderung“ werden Fragestellungen zur Wissenschaftskommunikation ausgehend von fachdidaktischen Konzepten und Befunden zum (außerschulischen) Lernen erschlossen und mit Perspektiven der kommunizierenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie mit Praktikerinnen und Praktikern aus den verschiedenen Medienbereichen verzahnt. Im Leibniz-WissenschaftsCampus Kiel Science Outreach Campus (KiSOC) wurden solche *Professional Communities of Practice* in verschiedenen Themenbereichen etabliert, beispielsweise im Rahmen von Outreach-Projekten der Kieler Sonderforschungsbereiche und Exzellenzcluster. Die Kieler Forschungswerkstatt dient als gemeinsames *Joint Lab* der beteiligten Partner, in dem innovative Ansätze getestet und weiterentwickelt werden.

Der KiSOC hat dafür eine Struktur etabliert und gestaltet, die eine evidenzbasierte Entwicklung und Weiterentwicklung prototypischer Outreach-Angebote in Anlehnung an Modelle des *Design-based Research* umsetzt; diese wird in der neuen Forschungsperiode fortgeführt. Die gewählten Formate sind primär auf das Schülerlabor und Ausstellungen als Lernumgebungen sowie auf Potenziale digitaler Medien in Outreach- und Enrichmentkontexten gerichtet. Als Zielgruppen wird, begründet durch den IPN-Kontext und auf Empfehlung des wissenschaftlichen KiSOC-Beirats, auf Schülerinnen und Schüler sowie (angehende) Lehrkräfte fokussiert, weitere Gruppen sind allerdings nicht ausgeschlossen. Die initiierten Outreach-Projekte sind bezüglich ihrer Oberflächenmerkmale divers, beschäftigen sich jedoch im Kern mit ähnlichen Mechanismen und Problemstellungen, u. a. mit den Herausforderungen der Kommunikation aktueller komplexer, inter- bzw. transdisziplinärer und wenig gesicherter Forschung. Die Projekte greifen Forschungs- und Bildungsthemen aus verschiedenen Kontexten nachhaltiger Entwicklungen auf, etwa aus der Klima- und Meeresforschung, der

Gesundheitsforschung, der Technik und Bionik oder dem Zusammenwirken von Mensch, Kultur und Gesellschaft. Die unmittelbare Einbindung der Fachwissenschaften sichert die Aktualität und Authentizität der Forschungsthemen. Die (Nachwuchs-)Forschenden des KiSOC transferieren und untersuchen Einflüsse und Wirkungen auf *Scientific Literacy*, Wissenschaftsverständnis sowie Motivation und Interesse. Um diese Bestrebungen weiter zu systematisieren, wurde ergänzend zu dem internationalen Netzwerk des KiSOC eine nationale Vernetzung mit anderen Science-Outreach-Projekten in Verbundprojekten angestoßen.

In den *Professional Communities of Practice* sollen in der kommenden Forschungsperiode zwei Formattypen ausgebaut und näher analysiert werden: Citizen-Science-Ansätze und digitale Medien. Im Bereich *Citizen Science* hat das IPN gemeinsam mit dem CAU-Schwerpunkt Ozeanwissenschaften an der Kieler Forschungswerkstatt ein Citizen-Science-Programm für Schulen zur Kartierung und Analyse von Plastikmüll aufgebaut. Das Projekt, das zunächst als Begleitprojekt zum Wissenschaftsjahr der Meere und Ozeane gestartet ist (aufbauend auf einer internationalen Kooperation mit Chile), wird nun ein Begleitprojekt zur gemeinsamen EU- Ratspräsidentschaft Deutschlands, Sloweniens und Portugals. Hier werden die Datenerhebungen auf drei Länder übertragen und sowohl die fachwissenschaftlichen (Kartierung der Plastikvorkommen an Flüssen und Meeren) als auch die fachdidaktischen (Wissenschaftsverständnis, Selbstwirksamkeitserwartungen, Bewertungskompetenz) Arbeiten fortgesetzt. Ein analog angelegtes Projekt wird den Schwerpunkt Insekten und Biodiversität in den Fokus nehmen, aufbauend auf die erfolgreichen Strukturmerkmale des Projekts Plastikpiraten und auf Befunde eines Promotionsprojekts aus dem KiSOC. Gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Wissensmedien (IWM), dem Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) und dem Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS) wird über drei Sektionen der Leibniz-Gemeinschaft hinweg ein umfangreiches weiteres Citizen-Science-Projekt durchgeführt und beforscht. Untersucht wird hier, inwiefern die Beteiligung an Forschungsprozessen in den Lebenswissenschaften einerseits und in den Umweltwissenschaften andererseits das Wissenschaftsverständnis von Bürgerinnen und Bürgern fördern kann. Als Transferinstrument wird hier eine digitale Plattform eingesetzt, die den Teilnehmenden sowohl die Sammlung als auch die Analyse stadtökologischer Daten zur Biodiversität bzw. zur Luftqualität ermöglicht.

Die Feldstudien werden durch kontrollierte Laborstudien ergänzt. Dieses Projekt wird als ausgewählte Strategie zum Wissenstransfer im Leitbild Leibniz-Transfer hervorgehoben und wurde für die Präsentation auf der Internationalen Weltausstellung (EXPO) 2020 in Dubai ausgewählt. Ein drittes Vorhaben fokussiert auf das Thema Biodiversität und knüpft damit u. a. an Vorhaben im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung an.

Die Gestaltung und Untersuchung digitaler Medien wird von den mitwirkenden Fachdidaktiken und Medienforscherinnen und -forschern des IPN im *Co-Design* nicht nur mit Fachexpertinnen und -experten der jeweiligen Themen, sondern auch mit Mediengestalterinnen und -gestaltern aus der Fachhochschule und der Muthesius Kunsthochschule Kiel umgesetzt. Entstanden sind daraus u. a. Simulationen, interaktive digitale Poster und VR-Videos. Im Rahmen eines hochschulübergreifenden Verbunds zur Weiterentwicklung von digitalen MINT-Lernangeboten werden diese Medien gemeinsam mit Prototypen anderer Standorte hinsichtlich ihrer Potenziale für die Förderung des *Critical Thinking* und *Computational Thinking* analysiert und in schulische und außerschulische Lernumgebungen für (Lehramts-)Studierende und Schulgruppen implementiert.

Während derzeit primär Voraussetzungen und Wirkungen in den Bereichen *Scientific Literacy*, Vertrauen, Einstellungen und Wissenschaftsverständnis sowie Interesse in den KiSOC- und KiFo-Projekten untersucht wurden, ist für den neuen Forschungsplan ein weiterer Fokus auf emotionale Wirkungen vorgesehen. Gerade im Kontext visueller Medien, wie sie auch aus den Arbeiten mit der Muthesius Kunsthochschule entstanden sind, spielen Emotionen eine zentrale Rolle: In der Wissenschaftskommunikationsforschung zeigte sich, dass Emotionalität von Inhalten und Bildern u. a. die Nutzungshäufigkeit beeinflusst. Wie anziehend ein Thema wirkt und ob sich Personen diesem zu- oder von ihm abwenden, hängt stark von den emotionalen Reaktionen ab, die bei einer ersten Begegnung hervorgerufen werden. In der anstehenden Forschungsplanperiode werden deshalb Fragestellungen zu *Emotional Appeal* und *Affective Design* bearbeitet, u. a. wie ästhetische und epistemische Emotionen wie beispielsweise Neugier oder Verwirrung durch die gezielte Aufbereitung und Darstellung wissenschaftlicher Inhalte und Informationen induziert werden können und inwieweit sie in der Folge dann eine Informationssuche und intensive Beschäftigung mit den Inhalten begünstigen. Darüber

hinaus spielen Emotionen bei Informationswahrnehmungs- und -verarbeitungsprozessen eine wichtige Rolle. So konnte die bisherige Forschung eindrucksvoll die Bedeutung von Emotionen bei der Risikoeinschätzung, bei der Entscheidungs- und Urteilsfindung oder bei der Überredung und Überzeugung von Personen beispielsweise durch Werbung belegen. Aus der Forschung zu *Fear Appeal* ist bekannt, dass Angst (z. B. vor den Folgen des Klimawandels) nur unter bestimmten Umständen und bei bestimmten Personen ein wirkungsvoller Initiator adaptiver Verhaltensweisen ist. Vielmehr deutet die Forschung in diesem Kontext an, dass durch gezielte Informationsgabe und -präsentation eine Transformation der induzierten Angst zu Hoffnung oder ähnlichen emotionalen Zuständen und damit erst zu einer proaktiven Verhaltensweise oder Verhaltensänderung führt. In der kommenden Forschungsperiode werden deshalb Fragestellungen zu *Emotional Flow* bearbeitet und es wird erforscht, inwieweit es gelingen kann, diesen Emotionstransformationsprozess durch die Aufbereitung und Darstellung von Informationen zu unterstützen.

Nachhaltige Wirkungen durch systemische Vernetzung von Outreach- und Enrichment-Angeboten

Die dritte Leitfrage zielt darauf ab, Chancen und Ansätze sowie Wirkungen einer stärkeren Vernetzung von Outreach- und Enrichment-Angeboten untereinander sowie mit schulischen und informellen Strukturen besser zu verstehen und prototypische Modelle zu entwickeln. Erste Vorarbeiten dafür sind die schulischen Vor- und Nachbereitungen von Besuchen außerschulischer Lernorte oder die Weiterentwicklung singulärer Besuche in Schülerlaboren mit weiterführenden Angeboten in Schülerwettbewerben und Schülerforschungszentren. Für weiterführende Untersuchungen ist es zunächst erforderlich, solche Vernetzungsansätze und -strukturen weiterzuentwickeln und zu charakterisieren, u. a. unter folgenden Perspektiven

- Weiterentwicklung struktureller Vernetzungen durch den Ausbau ergänzender Förderangebote (Beispiele: ScienceOlympiaden, MINT-Akademie), sowie darauf aufbauend
- Entwicklung einer regionalen Plattform, die Angebote nicht nur aufzeigt, sondern deren Vernetzung aktiv anregt und unterstützt

(Beispiel: Portal *Science Surfers*), inhaltliche Abstimmung verschiedener Angebote (Beispiel: Projekt Energielandkarte Schleswig-Holstein), sowie damit verbunden

- Entwicklung von Vernetzungstools, mit denen individuell und institutionell Zusammenhänge zwischen Angeboten hergestellt werden können (Beispiel: Projekt E-Book Metaorganismen) und arrondierende Entwicklung von Trainings- und Weiterbildungsangeboten für Kommunikatorinnen/Kommunikatoren und Lehrkräfte.

Darüber hinaus bzw. damit verbunden ist für die kommende Forschungsperiode vorgesehen, Wirkungen über die gezielte Verknüpfung einzelner Angebote hinaus zu erfassen. Dies wird exemplarisch derzeit in zwei Outreach-Projekten von Sonderforschungsbereichen (SFB 1182 und 1261) vorbereitet, die von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern durchgeführte Transferveranstaltungen (Bsp. Darwin-Tag) mit digitalen vor- und nachbereitenden Materialien für den Regelunterricht sowie mit Projektangeboten und Besuchen im Schülerlabor verknüpfen.

Strukturelle Vernetzung

Mit Blick auf systematischere Vernetzungsansätze in Bildungssystemen steht für die ScienceOlympiaden die stärkere Verankerung an Schulen im Fokus. Aufbauend auf Forschungsbefunden werden unterstützende Lernmaterialien für Schülerinnen und Schüler sowie betreuende Lehrkräfte (weiter-)entwickelt. Diese sollen durch zusätzliche unterrichtsrelevante Materialien ergänzt werden, die die Vielzahl der fachlichen Themen und methodischen Zugänge in den ScienceOlympiaden für den schulischen Einsatz aufbereiten und so einen leichteren Zugang zu den Wettbewerben für potenzielle Teilnehmende und Betreuende bieten. Die entwickelten Materialien sollen auch gezielt für weitere Unterstützungsmaßnahmen wie zum Beispiel Seminarangebote oder andere Formate der Vernetzung und des Austausches im Rahmen der ScienceOlympiaden genutzt werden. Gestaltungsmerkmale zur Förderung im Rahmen von wettbewerbsnahen Seminarveranstaltungen werden konzeptioniert und evaluiert. Für die Entwicklung der Materialien und die Konzeptionierung der Maßnahmen arbeiten die ScienceOlympiaden eng mit ehemaligen Teilnehmenden und engagierten Lehrkräften zusammen, die ihre jeweilige Expertise

in die Entwicklung einbringen. Für die erfolgreiche Dissemination der Materialien ist eine gute Bekanntheit der ScienceOlympiaden und eine leichte Zugänglichkeit der Angebote notwendig. Daher stellt die zielgerichtete Stärkung der Sichtbarkeit der ScienceOlympiaden einen weiteren Schwerpunkt der Weiterentwicklung in den Wettbewerben dar. Ein aktuell in der Entwicklung befindlicher neuer Onlineauftritt bietet dafür den passenden Rahmen und erlaubt die zielgerichtete Verbreitung von Materialien und Informationen.

Das Netzwerk Schülerforschungszentren wird im Rahmen eines aktuellen Konzepts zur Einrichtung einer MINT-Akademie in Schleswig-Holstein in ein gestuftes Förderkonzept eingebunden, das neben den Fördermaßnahmen selbst auch Entwicklungen zur Talentdiagnostik und zur Einbindung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern beinhaltet.

Ein aus dem KiSOC heraus gestaltetes Onlineportal zielt darauf ab, 1) regionale und überregionale Angebote für Jugendliche verbunden mit verschiedenen Zielsetzungen (Links zu Wettbewerben, Programme für ein Engagement für Nachhaltigkeit u. a.) zu strukturieren, 2) zentrale und aus empirischen Untersuchungen bekannte Fragen von Jugendlichen aufzugreifen und weitere anzuregen (Videos und Fotostories mit Links zu authentischen Forschungsprojekten) sowie 3) den Austausch mit anderen Jugendlichen und Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern aktiv anzuregen (Pinboard und Leitfragen, u. a. aus den SFZ). Das Portal wird derzeit hinsichtlich seiner Anlage durch Jugendliche vorbewertet, u. a. mit Blick auf die gewählte Metapher und Storyline des Surfens, und soll anschließend gezielt in die verschiedenen Outreach- und Enrichment-Programmstrukturen implementiert werden.

Inhaltliche Vernetzung als Designfrage

Über die strukturelle Vernetzung von Angeboten hinaus widmen sich Projekte in der neuen Forschungsplanphase verstärkt der Frage, wie Angebote unter inhaltlichen Gesichtspunkten sowie durch Designparameter sinnvoll miteinander vernetzt werden können. Eine Vernetzung von Outreach- und Enrichment-Angeboten kann beispielsweise über *boundary objects*, d. h. Objekte, die an einem Lernort entstehen und zu einem anderen mitgenommen werden, um sie dort weiter zu bearbeiten, erfolgen.

Hierbei bieten insbesondere digitale Medien neue Möglichkeiten, Lernorte miteinander zu verbinden. So entstehen beispielsweise in Science-Outreach-Projekten von Sonderforschungsbereichen in Kooperation mit Designern und Designerinnen Produkte wie ein interaktives E-Book, das als verbindendes Medium zwischen dem schulischen Unterricht und Outreach-Veranstaltungen der Wissenschaft, z. B. einem Vortragstag, dient und die Lernenden als Zielgruppe selbst in die Konzepterstellung und das Design einbinden soll. Als Grundlage dafür werden aktuell Vorstudien mit Schülerinnen und Schülern, Lehrkräften und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ausgewertet. Diese haben zum einen Kommunikationsziele, Interessen und weiterführende Fragen der Teilnehmenden erfasst und kategorisiert, zum anderen Ideen zu Rollen und Formaten der Mitwirkung im Designprozess exploriert. Die empirischen Begleituntersuchungen zielen weiterführend darauf ab, sowohl die Entwicklung des Fachwissens mit Blick auf persönlich oder gesellschaftlich relevante Fragen (*Scientific Literacy* und Wissenschaftsverständnis) als auch die Entwicklung von Interessen und weiteren Partizipationsmotiven zu untersuchen. Sie bauen auf laufende Forschungsvorhaben im KiSOC, beispielsweise zu der Verknüpfung von schulischen Vor- und Nachbereitungen mit einem Schülerlaborbesuch unter dem Fokus der Berufs- bzw. Wissenschaftsorientierung, auf.

Qualifizierung von Kommunikatorinnen und Kommunikatoren und Lehrkräften

Um aktuelle Forschung in ihrer Komplexität authentisch kommunizieren zu können, werden auch Konzepte benötigt, wie Forschende als Kommunikatorinnen und Kommunikatoren von Fachwissenschaft aktiv in Planung, Design und Reflexion von Outreach-Angeboten einbezogen werden können. Um Forschende frühzeitig auf Kommunikationsherausforderungen im *Science Outreach* vorzubereiten, werden im KiSOC derzeit Konzepte für entsprechende Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen exploriert und evaluiert, die weiterführend in die Angebote des Graduiertenzentrums der CAU sowie verschiedener Verbundforschungsprogramme implementiert werden. Darüber hinaus entsteht gemeinsam mit einem Leibniz-Verbund ein erster Prototyp für ein Leistungsmodul, das Forschende im gesamten Prozess der Planung, Implementation und Reflexion einer Science-Outreach-Aktivität mit schulischen Zielgruppen un-

terstützt und anderen Leibniz-Institutionen entsprechende Erkenntnisse und Best-Practice-Beispiele zugänglich machen soll. Dieser Bereich bildet eine Schnittstelle zu Arbeiten der Forschungslinie „Professionelle Kompetenz“. Er reflektiert zudem die besondere Bedeutung und die Chancen einer verstärkten Zusammenarbeit von Fachwissenschaft und Fachdidaktik mit ihren jeweiligen Expertisen und Formaten, die nicht nur in der Umsetzung Synergien bilden, sondern auch in der beidseitigen Weiterentwicklung von Methoden, Überzeugungen und Formaten der Wissenschaftskommunikation und MINT-Bildung.



**Forschungslinie Methodenforschung
und -entwicklung**

FORSCHUNGSLINIE METHODENFORSCHUNG UND -ENTWICKLUNG

VERANTWORTLICH: Oliver Lüdtke (Sprecher), Gabriel Nagy, Aiso Heinze & Olaf Köller

Im Zuge einer stark datengestützten Bildungsforschung und Bildungspolitik sowie verbunden mit dem Umstieg auf digitalisierte computerbasierte Erhebungsverfahren sind die empirisch gewonnenen Daten und die Anforderungen an die statistischen Auswertungsverfahren in der Forschungspraxis deutlich komplexer geworden. Bei der Testung schulischer Kompetenzen findet zunehmend eine Umstellung auf Computer-basierte Verfahren statt. Damit lassen sich ganz neue Daten generieren (Log-Files), deren Auswertungen herausfordernd sind. Die in den großen Schulleistungsstudien erhobenen Datensätze weisen üblicherweise eine Mehrebenenstruktur auf, die dadurch gegeben ist, dass Schülerinnen und Schüler innerhalb von Klassen und Klassen innerhalb von Schulen geschachtelt sind. Zusätzlich werden deren statistische Auswertungen dadurch erschwert, dass nicht von allen teilnehmenden Personen tatsächlich alle Angaben vorliegen (*Missing Data*), da sie einzelne Items auslassen oder die Bearbeitung ganzer Testhefte oder Fragebögen verweigern.

Das IPN adressiert diese Probleme in einer eigenen Forschungslinie „Methodenforschung und -entwicklung“, die sich mit Fragen der instrumentengestützten Datenerhebung sowie der statistischen Auswertung beschäftigt. Die entsprechenden Arbeiten beziehen sich auf zwei Bereiche: Pädagogisch-psychologische Methodenforschung im engeren Sinne (*Educational Measurement*) sowie Testentwicklung, Testvalidierung und Bildungsmonitoring (*Educational Assessment*). Einen Überblick über die geplanten und teilweise auch schon laufenden Arbeiten gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Struktur der Forschungslinie Methodenforschung und -entwicklung am IPN

Educational Measurement	Educational Assessment
Modellierung latenter Variablen	Bildungsmonitoring
Weiterentwicklung mehrbenenanalytischer Verfahren	Diagnostik und Testentwicklung
Umgang mit fehlenden Daten	Experimentelle Studien zu Testbearbeitungsprozessen
Schätzung von kausalen Effekten	Automated Scoring und Data Mining

Diese Schwerpunkte sind eng mit dem Arbeitsprogramm des Zentrums für internationale Bildungsvergleichsstudien (ZIB) abgestimmt. Das IPN ist neben dem DIPF – Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation und der Technischen Universität München Partner-einrichtung im ZIB. Das ZIB-Arbeitsprogramm bezieht sich sowohl auf wissenschaftliche Dienstleistungen (PISA-Berichtslegung) als auch auf die Methodenforschung im engeren Sinne.

Insgesamt verfolgt die Forschungslinie das Ziel, auf der Basis von eigenen Forschungsergebnissen Empfehlungen für die Forschungspraxis zu generieren, von denen insbesondere die empirischen Arbeiten der anderen Forschungslinien des IPN direkt profitieren können. Zusätzlich wird Software (z. B. Pakete in R) entwickelt, die eine anwenderfreundliche Nutzung der Verfahren ermöglicht. Im Folgenden werden die Arbeiten im Feld der Methodenforschung (*Educational Measurement*) näher beschrieben, daran schließt sich die Beschreibung der Arbeiten im diagnostischen Bereich (*Educational Assessment*) an.

Educational Measurement

Modellierung von latenten Variablen. Die Erfassung von Kompetenzstrukturen und deren Entwicklung mithilfe von Modellen für latente Variablen (z. B. *Item Response Theory*; IRT) steht im Zentrum vieler Forschungsarbeiten des IPN. Die statistische Modellierung von Kompetenzen über die Zeit und verschiedene Gruppen (z. B. Schulformen) erfordert die Verwendung flexibler Messmodelle, die sowohl eine Berücksichtigung



des hierarchischen Charakters vieler Datensätze (Schülerinnen und Schüler innerhalb von Klassen, Klassen innerhalb von Schulen) als auch die Behandlung anspruchsvoller Testdesigns (z. B. *Multi-Matrix-Sampling*) ermöglichen. Aber auch die Modellierung nicht-kognitiver Konstrukte (z. B. Motivation, Persönlichkeit) verlangt häufig den Einsatz komplexer Modelle von latenten Variablen. So weisen z. B. die für die spätere Berufs- und Studienwahl prägenden beruflichen Interessen eine Circumplex-Struktur auf, deren adäquate Modellierung die Verwendung sehr flexibler Messmodelle erfordert. Insgesamt lassen sich die geplanten Arbeiten zu Latente-Variablen-Modellen in zwei Stränge unterteilen. Ein erster fokussiert auf die Modellierung verschiedener Aspekte des Testbearbeitungsverhaltens (z. B. Positions- und Ermüdungseffekte) und verfolgt damit das Ziel, die Schätzung von Kompetenzstruktur- und Kompetenzentwicklungsmodellen zu optimieren. Eine zentrale Annahme bei der Modellierung von Kompetenzen ist, dass alle Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung von Leistungstests ein Verhalten zeigen, das vollständig mit ihrer Fähigkeitsausprägung korrespondiert. Dies bedeutet, dass sie sich durch eine hohe Testbearbeitungsmotivation auszeichnen, die sie über die gesamte Testsituation hinweg aufrechterhalten. Dieser Annahme stehen empirische Untersuchungen zu Itempositionseffekten gegenüber, die zeigen, dass die Schwierigkeit eines Items umso höher ist, je später es im Testheft präsentiert wird. Diese Effekte werden als Indikatoren einer abnehmenden Persistenz der Testbearbeitung diskutiert und können eine substantielle Unterschätzung von Kompetenzausprägungen nach sich ziehen. In der Forschungslinie werden Latente-Variablen-Modelle entwickelt, die eine flexible Modellierung von Positionseffekten und deren Zusammenhang zu Personenmerkmalen (z. B. Motivation, Geschlecht) ermöglichen. Dabei soll auch zunehmend auf die im Rahmen einer computerbasierten Erhebung von Kompetenzen vorliegenden Prozessdaten zurückgegriffen werden (z. B. Antwortzeiten, Log-File-Daten). Insgesamt soll damit ein tieferes Verständnis von unerwünschtem Antwortverhalten, wie z. B. dem schnellen Raten (*Rapid Guessing*) oder dem frühzeitigen Testabbruch (z. B. Auftreten von *Not-reached Items*) und deren Konsequenzen für die Modellierung von Kompetenzen erzielt werden. Die Erkenntnisse sollen in die Entwicklung von optimierten Testdesigns einfließen und ergänzen somit die experimentellen Studien zu Prozessen bei der Testbearbeitung (*Leibniz Junior Research Group COMET*).

Ein zweiter Strang befasst sich mit methodischen Herausforderungen bei der Durchführung und Interpretation von Trendschätzungen. Ein wichtiges Ziel von national und international vergleichenden Schulleistungsstudien (PISA oder TIMSS/PIRLS) ist der Vergleich der mittleren Kompetenz von Schülerinnen und Schülern einer bestimmten Altersgruppe in verschiedenen Teilnehmerstaaten bzw. Bundesländern. Diese Vergleiche werden für verschiedene Domänen (Lesen, Mathematik oder Naturwissenschaften) vorgenommen und können sich 1) auf einen bestimmten Zeitpunkt oder 2) auf Trends über die Zeit beziehen. Beim ersten Vergleich steht vor allem im Mittelpunkt, ob ein Teilnehmerstaat bzw. ein Bildungssystem in einer Domäne schlechter oder besser abgeschnitten hat als ein anderer Teilnehmerstaat. Der zweite Vergleich fokussiert auf die Veränderung der Leistungsfähigkeit eines Teilnehmerstaates über die Zeit. Beide Vergleiche sind mit der Annahme verbunden, dass mithilfe sogenannter *Link Items*, die in verschiedenen Teilnehmerstaaten und zu verschiedenen Erhebungen eingesetzt werden, eine gemeinsame Metrik über die Teilnehmerstaaten sowie über die Zeitpunkte etabliert werden kann. Auf dieser Basis werden mithilfe von Modellen für latente Variablen Fähigkeitswerte für die Schülerinnen und Schüler gewonnen, die dann Grundlage für die Vergleiche über die Länder bzw. über die Zeit darstellen. Eine bisher noch wenig untersuchte Frage ist dagegen, welche Quellen der Unsicherheit (z. B. Auswahl der Linkitems, Ziehung der Schülerinnen und Schüler) bei den unterschiedlichen Vergleichen zu berücksichtigen sind und welche statistischen Methoden sich am besten zur Quantifizierung dieser Unsicherheit eignen. Neben einer systematischen Evaluation verschiedener Linking-Methoden sollen statistische Verfahren entwickelt werden, mit denen die Unsicherheit von querschnittlichen Ländervergleichen und längsschnittlichen Trendschätzungen adäquat bestimmt werden und auch für den Einfluss möglicher Kovariaten kontrolliert werden kann (bedingte Trends). Die besondere Bedeutung dieser Fragestellungen zeigt sich beispielsweise bei der Interpretation der Trendschätzungen in der PISA-Studie, die durch einen Wechsel des Testmodus (von Papier auf Computer) oder eine Veränderung der Zusammensetzung der Schülerschaft erschwert werden. Weitere Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich im Rahmen des nationalen Assessments bei der Schätzung der Bildungstrends des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen.

Weiterentwicklung von mehrebenenanalytischen Verfahren. Merkmale des sozialen Kontextes, wie z. B. der Unterricht oder die soziale Zusammensetzung einer Schule, sind wichtige Determinanten schulischer Lernergebnisse. Zur adäquaten Modellierung von Kontextmerkmalen gilt es, die Mehrebenenstruktur der erhobenen Daten zu berücksichtigen. Auch für die Forschungsarbeiten des IPN besitzt ein mehrebenenanalytischer Forschungsansatz sowohl im Rahmen der statistischen Analysen als auch auf theoretischer Ebene eine zentrale Bedeutung. Ein Schwerpunkt der Forschungslinie besteht daher in der Entwicklung und Evaluation von Ansätzen zur Schätzung von Mehrebenenstrukturgleichungsmodellen, die eine flexible Modellierung von Kontexteffekten unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Typen von Messfehlern ermöglichen (*doubly latent*). So wurde in einer Reihe von Arbeiten gezeigt, wie mithilfe von Bayes-Verfahren die Schätzung von Kontexteffekten in problematischen Datenkonstellationen (z. B. kleine Anzahl von Klassen, geringe Reliabilität) optimiert werden kann. In zukünftigen Arbeiten soll ein zusätzliches Augenmerk auf die Analyse von komplexeren Mehrebenenstrukturen gelegt werden, wie sie bei der Erhebung von Netzwerkdaten (z. B. Round-Robin-Designs, in denen die Schülerinnen und Schüler sich gegenseitig beurteilen) oder bei der Beurteilung des Unterrichts aus verschiedenen Perspektiven (z. B. Schülerinnen und Schüler, Lehrkräfte, externe Beobachterinnen und Beobachter) auftreten. Dazu soll ein Modellierungsansatz entwickelt werden, der die Auswertung von Netzwerkdaten durch Strukturgleichungsmodelle mit latenten Variablen ermöglicht. In einem bereits erfolgten Arbeitsschritt wurde eine Software vorgelegt (das R-Paket *srm*) und anhand von Simulationsstudien evaluiert. Übergeordnetes Ziel der Arbeiten in diesem Forschungsbereich ist es, ein generelles *Framework* sowie Software zur Schätzung von Mehrebenenstrukturgleichungsmodellen zu entwickeln, die in unterschiedlichsten Anwendungskontexten der Bildungsforschung zum Einsatz kommen können und eine sehr flexible Behandlung von Mehrebenenstrukturen ermöglichen. Im IPN sollen die entwickelten Verfahren vor allem zur Modellierung der Effekte von Unterrichtsmerkmalen (z. B. Klassenklima, Klassenführung) auf Bildungsergebnisse (z. B. Kompetenzen, motivationale Orientierungen) sowie zur Auswertung von Experience-Sampling-Studien bei Lehrkräften eingesetzt werden.

Umgang mit fehlenden Daten. In der Bildungsforschung liegen häufig nicht von allen befragten Personen tatsächlich Werte vor (*Missing Data*). Fehlende Werte in einem Datensatz sind im Allgemeinen mit drei Problemen verbunden. Erstens führt die aufgrund des Datenausfalls reduzierte Stichprobengröße zu einer verringerten Effizienz bei der Parameterschätzung. Zweitens wird der Umgang mit den Daten erschwert, weil statistische Standardverfahren vollständige Datensätze erwarten. Drittens besteht die Gefahr verzerrter Parameterschätzungen, weil systematische Unterschiede zwischen den beobachteten und den fehlenden Daten vorliegen könnten. In der Forschungspraxis werden zunehmend das Verfahren der multiplen Imputation sowie ein modellbasiertes Vorgehen (z. B. FIML in Strukturgleichungsmodellen) zur Behandlung von fehlenden Werten eingesetzt. Diese Ansätze treffen im Allgemeinen schwächere Annahmen an den Ausfallprozess der Daten als sogenannte Ad-hoc-Lösungen (z. B. fallweiser und paarweiser Ausschluss). Bei dem Verfahren der multiplen Imputation werden auf der Grundlage eines Imputationsmodells mehrere Ersetzungen für die fehlenden Beobachtungen in einem Datensatz erzeugt, die die mit der Ersetzung verbundene Unsicherheit berücksichtigen. Eine besondere Herausforderung besteht in der Spezifikation des Imputationsmodells, das mindestens so reichhaltig sein sollte wie die nachfolgenden Analysemodelle. Wenn beispielsweise nichtlineare Zusammenhänge oder Interaktionen zwischen Variablen überprüft werden sollen, müssen diese auch im Imputationsmodell berücksichtigt werden. Ein Fokus der bisherigen Arbeiten lag auf der Frage, wie das Imputationsmodell bei der Durchführung komplexerer Analysen entsprechend erweitert werden muss. So wurde für Mehrebenenanalysen gezeigt, wie fehlende Werte auf Ebene 2 (z. B. fehlende Angaben auf Schul- oder Klassenebene) oder im Rahmen von Cross-Level-Interaktionen imputiert werden können. Die entwickelten Verfahren wurden in umfangreichen Simulationsstudien evaluiert und in statistischer Software implementiert (in den R-Paketen *mdmb*, *miceadds* und *mitml*). Ausgehend von diesen Arbeiten soll ein allgemeines Framework zur Behandlung von fehlenden Daten in Mehrebenenanalysen entwickelt werden (z. B. latente Variablen, variierende Steigungskoeffizienten, nichtlineare Effekte und Ausfall auf Ebene 2). Ein weiterer Schwerpunkt soll in der Behandlung von fehlenden Werten in großen Schulleistungsstudien liegen, in denen die Hintergrundvariablen des Skalierungsmodells für die Fähigkeitswerte von Schülerinnen und Schülern häufig unvollständig sind. Im Fokus soll ein Ansatz

stehen, der es direkt ermöglicht, sogenannte *Plausible Values* nicht nur für die Leistungswerte, sondern auch für die Konstrukte im Schülerfragebogen zu generieren. Dieser Ansatz besäße den Vorteil einer simultanen Behandlung von *Missing Data* und Messfehlern sowohl in den Hintergrundvariablen als auch in den kognitiven Leistungsmaßen und wäre besonders dann zu empfehlen, wenn ein Rotationsdesign für den Schülerfragebogen eingesetzt wird (in dem die Schülerinnen und Schüler jeweils nur einen Teil der Fragen bearbeiten). Schließlich sollen Ansätze zur statistischen Inferenz bei Datensätzen, in denen die fehlenden Werte durch mehrere imputierte Werte ersetzt wurden, untersucht werden. Während sich für einzelne Parameterschätzungen (z. B. Regressionskoeffizienten) die Pooling-Regeln bewährt haben, besteht für das adäquate Vorgehen bei der Prüfung von Hypothesen über mehrere Parameter oder bei der Beurteilung der Anpassungsgüte statistischer Modelle (z. B. Messmodelle für latente Variablen) noch erheblicher Forschungsbedarf. In diesem Zusammenhang sollen die verfügbaren Ansätze zum *Pooling* von Koeffizienten zur Beschreibung der Anpassungsgüte statistischer Modelle und deren statistische Eigenschaften untersucht werden, die vor allem in Strukturgleichungsmodellen breite Anwendung finden. Es ist auch wieder geplant, diese Ansätze in benutzerfreundlicher Software zu implementieren.

Schätzung von kausalen Effekten. Aus der Sicht einer evidenzbasierten Bildungsforschung besteht ein besonderes Interesse an belastbaren kausalen Schlussfolgerungen über die Wirksamkeit gezielter Veränderungen im Bildungssystem. Dafür sind (randomisierte) Interventionsstudien, in denen Schülerinnen und Schüler (oder Schulklassen) zufällig verschiedenen Untersuchungsbedingungen zugewiesen werden, sicherlich ein unverzichtbares Werkzeug. Auch wenn eine zufällige Zuweisung in Schulleistungsstudien organisatorisch – und auch häufig inhaltlich – nicht möglich sein wird, muss das Ziel einer zumindest vorsichtigen kausalen Interpretation von Zusammenhangsmustern nicht zwangsläufig verworfen werden. So finden zunehmend statistische Verfahren Beachtung, die sich zur Approximation eines Experimentes – auch bei fehlender Randomisierung – eignen (z. B. Propensity-Score-Verfahren). Die Grundidee dieser Ansätze besteht darin, den Effekt eines Treatments (z. B. Unterricht mit vs. ohne Computereinsatz) für Gruppen von Schülerinnen und Schülern bzw. Schulklassen zu bestimmen, die hinsichtlich zentraler Kovariablen (z. B. sozialer Hintergrund, kognitive Grundfähigkeiten) bzw. dem

Propensity Score vergleichbar sind. In den Forschungsarbeiten des IPN wurde das Potenzial dieser Verfahren bereits in einer Reihe von Arbeiten demonstriert. Beispielsweise wurde der Effekt der Schulform auf die Intelligenzentwicklung oder die Bedeutung des Überspringens einer Klasse für die motivationale Entwicklung untersucht. Im vorliegenden Arbeitsschwerpunkt sollen diese Ansätze mithilfe von Simulations- und Fallstudien kritisch evaluiert werden. Im Mittelpunkt stehen der Vergleich von alternativen Verfahren (z. B. *Inverse Propensity Weighting*, *Subclassification*, *Weighted Regression*) sowie der Umgang mit einer größeren Anzahl von Kovariablen (besonders bei einer relativ kleinen Stichprobe), wobei zusätzlich untersucht werden soll, wie eine adäquate Behandlung von fehlenden Daten aussehen müsste und wie die Mehrebenenstruktur zu berücksichtigen ist. Schließlich sollen auch Modelle zur Schätzung zeitlich variierender kausaler Effekte in den Fokus rücken (z. B. *Marginal Structural Models*). Diese Ansätze ermöglichen die Schätzung von kumulativen Effekten (z. B. den Effekt des Unterrichts über mehrere Jahre) und finden bisher in der Bildungsforschung noch keine Beachtung.

Educational Assessment

Bildungsmonitoring. Mit seiner hohen Expertise im Bereich der Methodenforschung und befördert durch die fachdidaktischen Abteilungen ist das IPN prädestiniert, sich an der Planung, Auswertung und Dokumentation von *Large-scale Assessments* zu beteiligen. Das IPN kommt diesem Auftrag nach und engagiert sich in verschiedenen internationalen Schulleistungsstudien. Als Mitglied des ZIB betreibt das IPN nicht nur Methodenforschung, sondern ist regelmäßig an der Planung und Realisierung nationaler Erweiterungen im Rahmen von PISA beteiligt. Das IPN wird sich in der folgenden Forschungsperiode als Partnereinrichtung im ZIB an der Dokumentation der Ergebnisse von PISA 2022 beteiligen. Kolleginnen und Kollegen der fachdidaktischen Abteilungen unterstützen dabei die Dokumentation der Arbeiten in den Domänen Mathematik und Naturwissenschaften. Mitglieder der Abteilungen Pädagogisch-Psychologische Methodenlehre sowie Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie sind vor allem in die Abfassung der methodischen Kapitel involviert.

Seit 2007 ist das IPN auch Mitglied des wissenschaftlichen Konsortiums, das in Deutschland die *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) in der 4. Jahrgangsstufe verantwortet. Ende 2020 wurden die Ergebnisse von TIMSS 2019 veröffentlicht, die folgenden Jahre werden der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von TIMSS 2023 dienen. Das IPN verantwortet hier gemeinsam mit der Universität Hamburg den Kompetenzbereich Naturwissenschaften und wirkt im Kompetenzbereich Mathematik mit. Schließlich ist das IPN auch in die internationale Studie zu computer- und informationstechnologischer Grundbildung (ICILS) eingebunden und wird sich hier an der Planung, Durchführung und Auswertung von ICILS 2023 beteiligen.

Bildungsmonitoring, wie es in diesen drei Studien betrieben wird, ist eine zentrale wissenschaftliche und gleichzeitig bildungspolitiknahe Dienstleistung, die typischerweise Aufgabe von Leibniz-Instituten ist. Die generierten Datensätze werden darüber hinaus auch in der Forschungsplanperiode 2021 bis 2025 genutzt werden, um substanzwissenschaftlichen Forschungsfragen jenseits des Bildungsmonitorings nachzugehen.

Diagnostik und Testentwicklung. Das IPN ist Teil der Säule Kompetenzmessung im Nationalen Bildungspanel (NEPS), das vom Leibniz-Institut für Bildungsverläufe (LifBi) in Bamberg verantwortet wird. Am IPN werden Testaufgaben zur Erfassung mathematischer, naturwissenschaftlicher und informationstechnologischer Kompetenzen entwickelt, deren Geltungsbereich vom Kindergartenalter bis ins hohe Erwachsenenalter reicht, wobei natürlich altersgruppenspezifische Aufgaben entwickelt werden. Mit der Ziehung neuer großer Startkohorten wird im NEPS die Kompetenzmessung vollständig auf computerbasierte Verfahren umgestellt. Zudem stellen sich neue Herausforderungen, z. B. beim *Multi-stage Testing*. Hier bearbeiten Schülerinnen und Schüler zunächst eine Teilmenge gemeinsamer Items und abhängig von den gezeigten Leistungen werden dann Sets von leichteren oder schwereren Aufgaben administriert. Für die damit verbundenen Anforderungen wird das IPN in den folgenden Jahren Lösungsansätze generieren und entsprechende Tests für unterschiedliche Alterskohorten entwickeln.

Die im Rahmen der Testentwicklung anfallenden Daten im IPN können immer wieder zur Beantwortung diagnostischer Fragestellungen genutzt werden. Dies betrifft Fragen der Konstruktvalidität, Fragen, wie sich Itemcharakteristiken verändern, wenn von Papier-und-Bleistift auf Computer umgestellt wird, und Fragen der Trendschätzung in *Large-scale Assessments* wie PISA (s. auch den Abschnitt *Educational Measurement*).

Experimentelle Studien zu kognitiven Prozessen bei der Testbearbeitung. Der hohe politische und gesellschaftliche Stellenwert der Ergebnisse aus *Large-scale Assessments* wie PISA begründet ein erhebliches Interesse, hohe Anforderungen an die Qualität der entsprechenden Testinstrumente zu stellen. Eine stetige Optimierung der verwendeten Messinstrumente ist notwendig, um die Reliabilität und Validität der resultierenden Daten zur Kompetenzeinschätzung von Schülerinnen und Schülern sicherzustellen. Testaufgaben können dabei basierend auf differenziertem Wissen über ablaufende kognitive Prozesse bei der Aufgabebearbeitung systematisch geprüft und verbessert werden. Dies steht auch in Zusammenhang mit der voranschreitenden Digitalisierung von Tests. Digitale Tests bieten viele neue Optionen der Gestaltung von Aufgabeninhalten und Testumgebungen, deren Auswirkungen bei Testteilnehmerinnen und -teilnehmern bisher wenig untersucht und nicht erschöpfend verstanden sind. Dazu gehören insbesondere die Nutzung multimedialer Darstellungen (z. B. Text-Bild-Kombinationen/auditive Inhalte) sowie der Einsatz computerbasierter, individueller Rückmeldungen (*Feedback*) an die Testbearbeitenden noch während des Leistungstests.

Vor diesem Hintergrund wird in der Leibniz Junior Research Group COMET (*Cognition and Emotion in Educational Testing*) durch einen kognitionspsychologisch geprägten Forschungsansatz in verschiedenen experimentellen Untersuchungen in Klassenzimmern, ergänzt durch die Erhebung von Blickbewegungsdaten im Labor, Wissen über kognitive Prozesse bei der Bearbeitung von standardisierten Leistungstests generiert. Dieser experimentalpsychologisch prozessorientierte Ansatz bietet unter anderem die Möglichkeit, Testgestaltungsmerkmale und deren Interaktion mit Aufgaben- und Personenmerkmalen eingehend zu studieren und die Untersuchungen durch Verlaufsmessungen über die Testbearbeitungszeit zu ergänzen. Dies ist vor allem deshalb von großer Relevanz, da nicht nur die Aufgabenschwierigkeit oder Charakteristika der Personen,

sondern vor allem auch die Aufgabenposition einen systematischen Einfluss auf die Effekte von Aufgabengestaltungsmerkmalen haben kann.

Als Fundament der Studien werden vor allem Theorien und Prinzipien der Instruktions- und Kognitionspsychologie herangezogen, um Hypothesen über mögliche Wirkmechanismen von Gestaltungsmerkmalen in Tests abzuleiten. Zwei inhaltliche Schwerpunkte stehen im Zentrum der Forschung des COMET-Projektes: Erstens wird die Wirkung verschiedener multimedialer Darstellungen betrachtet. Untersuchungen zu Effekten multimedialer Elemente in Testumgebungen sind besonders relevant, da Text-Bild-Kombinationen in Testaufgaben in Bildungsmonitorings zwar häufig, bislang aber wenig gezielt, eingesetzt werden. Experimentelle Studien sollen Aufschluss darüber geben, welche Bildarten mit welchen Effekten auf die Aufgabenschwierigkeit, die kognitive Belastung, die Bearbeitungszeiten und die Motivation von Schülerinnen und Schülern bei der Testbearbeitung einhergehen. Dabei werden sowohl Varianten statischer Bilder (z. B. unterschiedlich gestaltete repräsentationale und dekorative Bilder) sowie sequenziell animierte Illustrationen bzw. Prozessanimationen betrachtet. Darüber hinaus wird die Kombination von Bildern mit auditiv-narrativen Darstellungen gegenüber einer klassisch textbasierten Vermittlung der Aufgabeninformationen untersucht. Diese Forschung ermöglicht eine empirisch fundierte, reflektierte Nutzung multimedialer Inhalte in Tests.

Zweitens wird das Potenzial des Einsatzes von computerbasiertem Feedback in Testsituationen eruiert. Untersuchungen zu den Effekten automatisierten Feedbacks im Testkontext sind besonders relevant, da Schülerinnen und Schüler, die an Schulleistungstests teilnehmen, in der Regel keine unmittelbare Rückmeldung zu ihrer Leistung erhalten. Das kann vor allem dann ein Problem sein, wenn sich Kinder durch den Einsatz von Multiple-Choice-Aufgaben falsche Antwortoptionen einprägen. Der Einsatz von computerbasiertem Feedback könnte in diesem Kontext sowohl inhaltlich als auch motivationspsychologisch vorteilhaft sein. Ziel des Projektes ist es, die Frage zu beantworten, wie Feedback im Kontext von *Large-scale Assessments* gestaltet sein müsste, um einerseits den Test als Messinstrument nicht zu gefährden und andererseits Schülerinnen und Schüler in ihrem fachlichen Verständnis sowie ihrer Testbearbeitungsmotivation zu fördern.

Automated Scoring und Data Mining. Mit der computerbasierten Testung sind nicht nur vielfältige Aufgabentypen und Antwortformate möglich, sondern auch ganz neue Möglichkeiten der automatisierten Kodierung von Antworten. In der COMET-Gruppe wird dies beispielsweise genutzt, um *Rapid Guessing Behavior* aufzudecken. Die automatische Kodierung geschlossener Aufgaben (Multiple-Choice-Antwortformat) ist Grundlage des *Multi-stage Testing* im Nationalen Bildungspanel.

In den kommenden Jahren sollen Anstrengungen unternommen werden, auch umfangreiche offene Antworten automatisch zu kodieren. Seit einiger Zeit wird vor allem im Bereich des *Natural Language Processing* (NLP) daran gearbeitet, solche Aufgaben, beispielsweise argumentative Texte, automatisch hinsichtlich ihrer Güte zu kodieren (*Automated Essay Evaluation*, AEE). Voraussetzung für AEE ist das Generieren von großen Textkorpora, d. h. große Stichproben von Schülerinnen und Schülern müssen entsprechende umfangreichere Texte geschrieben haben. Beim AEE werden grundlegende, maschinell gut erfassbare Merkmale dieser Texte durch NLP elektronisch ausgewertet. Wichtige Kategorien, sogenannte Macro-Features, die dabei erfasst werden, sind Grammatik, Sprachgebrauch, Sprachmechanik, Stil, Organisation und Textaufbau. Zusätzlich werden noch Textqualitäten (*Positive Features*) wie Gebrauch von Pronomina und Wortkollokationen sowie Maße der lexikalischen Komplexität erfasst. Je nach Umfang einer offenen Aufgabe können mehrere hundert Text Features kodiert werden. Sämtliche Textmerkmale können dann mithilfe von Techniken des Maschinenlernens mit den Bewertungen von menschlichen Kodiererinnen und Kodierern (MK) in Beziehung gesetzt werden und erhalten Vorhersagegewichte für die Werte der MK-Urteile. Typischerweise wird die Vorschrift, mit der die *Text-Features* die MK-Urteile vorhersagen, an einer Teilstichprobe der Texte ermittelt und an einer anderen Teilstichprobe validiert. Die Validierungsanalysen zeigen in der Regel, dass die automatisch generierten Urteile von ihrer psychometrischen Güte denen sehr gut geschulter MK entsprechen, d. h. ein gut trainierter Computer wertet einen offenen Text genauso reliabel und valide aus wie menschliche Expertinnen und Experten.

Ein anderer methodischer Weg, um offene, am Computer generierte Antworten zu bewerten, besteht im *Keystroke Logging*. Dabei wird das Tippverhalten von Probandinnen und Probanden aufgezeichnet und zu den

MK-Bewertungen in Beziehung gesetzt. Auch hier nutzt man Algorithmen maschinellen Lernens.

In ersten Untersuchungen wurden am IPN Erfahrungen in der automatischen Kodierung von argumentativen Texten gesammelt. Da bislang existierende Computerprogramme in der Regel englischsprachige Texte auswerten, wurde damit begonnen, in Schülerstichproben der gymnasialen Oberstufe englischsprachige argumentative Texte schreiben zu lassen (beispielhafter Stimulus: „Sollte Fernsehwerbung für Kinder im Vorschulalter verboten werden?“). Die automatische Kodierung erfolgte mit unterschiedlichen computerlinguistischen Softwarepaketen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Maschinenkodierungen unabhängig vom gewählten Softwarepaket psychometrisch ebenso gut wie Expertenratings sind. Da argumentatives Schreiben in vielen Fächern der gymnasialen Oberstufe Gegenstand des Unterrichts ist (Kompetenzbereich Bewerten und Beurteilen in den Naturwissenschaften), soll in den kommenden Jahren untersucht werden, wie solche Algorithmen auf offene Aufgaben in den naturwissenschaftlichen Fächern anwendbar sind. Neben produktbezogenen automatischen Kodierungen sollen auch Möglichkeiten des *Keystroke Logging* (Prozessmaße) exploriert werden. Möglichkeiten maschinellen Kodierens sollen auch bei mündlichen Leistungen geprüft werden.