

Das IPN – Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik

Forschen und Entwickeln für bessere mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung

Olaf Köller

Auftrag und Organisation des IPN

Das IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik wurde 1966 gegründet und ist seit 2007 eine Stiftung öffentlichen Rechts. Das IPN ist als empirisch arbeitendes Bildungsforschungsinstitut einzuordnen und Mitglied der Sektion A (Geisteswissenschaften und Bildungsforschung) in der Leibniz-Gemeinschaft. Wie alle Einrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft wird das IPN gemeinsam vom Bund (zuständiges Ressort: Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF) und von der Ländergemeinschaft finanziert, sein Kernhaushalt liegt bei rund neun Millionen Euro per anno (Stand 2019). Als außeruniversitäres Forschungsinstitut soll das IPN laut Satzung durch seine Forschung die Pädagogik der Naturwissenschaften und der Mathematik weiterentwickeln und fördern. Wie in der Leibniz-Gemeinschaft üblich, erfolgt alle sieben Jahre eine externe Evaluierung, von deren Ergebnis die Fortsetzung der Förderung durch Bund und Länder abhängt.

Das IPN verstand sich nach seiner Gründung 1966 zunächst als Institut für die Entwicklung und wissenschaftliche Erprobung von Curricula für die naturwissenschaftlichen Fächer. Bis weit in die 1980er Jahre blieb dies der Schwerpunkt der Arbeiten. Es entstanden Curricula für Biologie, Chemie und Physik für verschiedene Stufen der weiterführenden Schule, die bis heute deutliche Spuren in den jeweiligen Lehrplänen fast aller Bundesländer hinterlassen haben. Gleichzeitig wurde grundlegende Curriculumforschung betrieben. Die empirische Wende in der Erziehungswissenschaft und die Einsicht in die Notwendigkeit der empirischen Absicherung von Ergebnissen aus Bildungsprozessen führten von den 1990er Jahren an zu einer Schwerpunktbildung im Bereich der fachspezifischen und überfachlichen empirischen Lehr- und Lernforschung, die bis heute anhält. Im Zentrum dieser Arbeiten stehen die Erträge mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse aufseiten von Lernenden. Viele Arbeiten beschäftigen sich mit dem Kompetenzerwerb in der Mathematik und in den Naturwissenschaften und untersuchen individuelle, familiäre sowie institutionelle Faktoren (Schule und Unterricht) erfolgreichen Lernens. Dies erfolgt interdisziplinär in enger Kooperation zwischen Fachdi-

daktiken, Psychologie und Erziehungswissenschaft. Die Arbeiten des IPN werden von sieben Grundannahmen getragen:

- Mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung stellt eine individuelle Grundvoraussetzung für berufliche und gesellschaftliche 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 Opportunitätsstrukturen, die vor allem durch den familiären Hintergrund und die Peers mitbestimmt wird, ist nur begrenzt gesellschaftlich steuerbar, am ehesten noch durch den Einbezug außerschulischer Lernorte (Schülerlabore, Museen etc.) in Bildungsprozesse.
- 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 weiteren Disziplinen und Institutionen in Forschungsverbünden.
- Der Transfer von Forschungsergebnissen in die pädagogische und politische Praxis gehört ebenso zu den Kernaufgaben wie die Generierung grundlegender wissenschaftlicher Erkenntnis.

Das IPN hat seine Forschungsvorhaben in einer Matrixstruktur organisiert, in der zum einen die sechs Abteilungen (Didaktik der Biologie, Didaktik der Chemie, Didaktik der Mathematik, Didaktik der Physik, Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie, Pädagogisch-Psychologische Methodenlehre), zum anderen die fünf Forschungslinien (s. u.) jeweils eine Dimension aufspannen. Die Differenzierung in die unterschiedlichen Fachdidaktiken folgt der Idee, dass 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 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. Mit den Abteilungen können die Anbindungen der Arbeiten an die entsprechenden Disziplinen gesichert werden, gleichzeitig garantiert die Untergliederung in Abteilungen die längerfristige organisationale Struktur des IPN.

Die Forschungslinien (FL) stellen zeitlich befristete Felder dar, die als Folge einer sich ändernden Forschungslandschaft beendet, modifiziert oder weiterentwickelt werden konnten. Im Folgenden werden diese kurz ausgeführt.

FL 1 – Bildungsprozesse im Elementarbereich (Frühe Bildung)

Im Mittelpunkt steht hier die Untersuchung der Entwicklung mathematisch-naturwissenschaftlicher Kompetenzen in Abhängigkeit von familialen und institutionellen Gelegenheitsstrukturen von vier- bis achtjährigen Kindern im Übergang von der Kita zur Grundschule. Zum besseren Verstehen von Bildungsprozessen in diesem Alter werden auch Untersuchungen realisiert, die früher beginnen (0 bis 4 Jahre). Kompetenz wird hier – sowie auch in den Arbeiten der anderen Forschungslinien – in einem weiten Sinne verstanden und umfasst neben kognitiven Aspekten auch motivationale und selbstbezogene Merkmale. Das dominierende Untersuchungsparadigma sind experimentelle bzw. quasi-experimentelle Studien. Interventions- bzw. Förderprogramme werden in Kontrollgruppendesigns hinsichtlich ihrer Wirksamkeit überprüft.

FL 2 – Kompetenzentwicklung im schulischen Kontext und ihre Bedeutung bei Übergängen im Bildungssystem

Hier wird die Entwicklung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Verlauf der Schulzeit und die Bedeutung dieser Kompetenzen für nachfolgende Bildungsabschnitte erforscht. Die Erkenntnisse dienen der Erarbeitung von Konzepten für eine systematische Förderung der geforderten Kompetenzen im Unterricht in Mathematik und den Naturwissenschaften. Die Forschungslinie adressiert zwei Schwerpunkte:

- (1) Arbeiten zur Struktur und Entwicklung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen zielen darauf, Erkenntnisse für eine systematische Kompetenzförderung im Unterricht in Mathematik und den Naturwissenschaften zu gewinnen.
- (2) Der Schwerpunkt Entwicklung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Übergang von der Schule in die berufliche Bildung nimmt die Bedeutung der zum Ende der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen in Mathematik und den Naturwissenschaften für die Entwicklung beruflicher Kompetenzen im Rahmen der beruflichen (Erst-)Ausbildung in den Blick.

Die Forschungslinie kombiniert eher experimentelle Arbeiten mit längsschnittlichen Feldstudien.

FL 3 – Professionsforschung (mit Fokus auf Lehrkräfte)

Drei zentrale Forschungsfragen motivieren die Aktivitäten dieser Forschungslinie. Die erste Frage lautet, wie sich das Professionswissen von Lehrkräften sowohl in der universitären Ausbildung als auch in der beruflichen Phase für die Fächer Biologie, Chemie, Physik und Mathematik spezifizieren und valide erfassen lässt und in welchem Zusammenhang dieses Wissen mit anderen Aspekten der professionellen Kompetenz steht. Die zweite Forschungsfrage ist, wie sich die verschiedenen Aspekte professioneller Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften im Laufe der Lehrerbildungsphasen entwickeln und welche individuellen und kontextuellen Faktoren maßgeblich für deren Entwicklung sind. Die dritte Forschungsfrage betrifft die Performanz (im Sinne der Unterrichtsqualität) von Lehrkräften im Beruf. In dieser Forschungslinie dominieren längsschnittliche Feldstudien.

FL 4 – Wissenschaftskommunikation und extracurriculare Förderung

Der erste Schwerpunkt dieser Linie fokussiert auf die Wissenschaftskommunikation, also auf die Konstruktion und Wirkung von Bildungsangeboten als Outreach authentischer Wissenschaft, wobei ein eher breit angelegtes affektives, motivationales und kognitives Zielspektrum erfasst werden soll. Dazu wurde am Standort Kiel ein Leibniz-WissenschaftsCampus aufgebaut (Kiel Science Outreach Campus, KISOC), in dem Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftler, Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker sowie Psychologinnen und Psychologen Formate erforschen, mit denen neueste wissenschaftliche Erkenntnisse interessierten Gruppen (vorrangig Schülerinnen und Schülern sowie Lehrkräften) vermittelt werden können. Der zweite Schwerpunkt Enrichment betrachtet primär die Förderung talentierter Schülerinnen und Schüler in den Naturwissenschaften. Dazu werden u. a. die Konsequenzen von Teilnahmen an Science-Olympiaden für die Bildungsbiographien von Jugendlichen und jungen Erwachsenen untersucht.

FL 5 – Methodenforschung und -entwicklung

Die Arbeiten hier sind in zwei Schwerpunkte gegliedert: Pädagogisch-psychologische Methodenforschung im engeren Sinne (Educational Measurement) sowie Pädagogische Diagnostik (Educational Assessment). Themenfelder im Schwerpunkt Measurement sind die Weiterentwicklung mehrbenenanalytischer Verfahren, die Modellierung von Kompetenzstrukturen und deren Entwicklung, der Umgang mit fehlenden Werten und die Schätzung von kausalen Effekten in nicht-experimentellen Forschungssettings. Im Schwerpunkt Päd-

gogische Diagnostik stehen Testentwicklung, Testvalidierung und Bildungsmonitoring im Fokus. Die Themen in beiden Schwerpunkten sind zudem eng mit dem Arbeitsprogramm des Zentrums für internationale Vergleichsstudien (ZIB) abgestimmt (s. u.).

Die Forschungslinien sind keineswegs als streng voneinander getrennte Arbeitsfelder zu verstehen, vielmehr ergeben sich theoretische und empirische Überschneidungen. So werden Fragen zur Professionalisierung von Erzieherinnen und Erziehern in der FL 1 (Frühe Bildung) bearbeitet, aber eng mit den Arbeiten in der FL 3 (Professionsforschung) abgestimmt. Die Forschungslinien erlauben die interdisziplinäre Bearbeitung von Themen, in die alle am IPN angesiedelten Disziplinen ihre Expertisen einbringen können.

Kooperationen mit Universitäten

Als Institut an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) pflegt das IPN sehr enge Kooperationen mit der CAU in Lehre und Forschung. Eine Kooperationsvereinbarung regelt das Miteinander beider Institutionen. Insgesamt jeweils sechs W3-, W2- und W1-Professuren am IPN, die aus gemeinsamen Berufungen von CAU und IPN resultieren, sichern zum einen das didaktische Lehrangebot in der Lehramtsausbildung für die Fächer Mathematik, Biologie, Chemie und Physik. Zum anderen erfolgt ein Lehrexport in die Pädagogik (Hauptfach und Lehramt) und in die Psychologie (Hauptfach und Psychologie für Pädagogikstudierende). Die Professorinnen und Professoren des IPN sind vollberechtigte Mitglieder der mathematisch-naturwissenschaftlichen bzw. philosophischen Fakultät und können dementsprechend wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter promovieren und habilitieren. Durch die Teilfinanzierung des Bundes haben alle Professuren ein reduziertes Lehrdeputat (zwei bis vier Semesterwochenstunden). Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IPN erbringen auch Lehre an der CAU, ohne dass sie dazu verpflichtet wären. Eine Besonderheit in der Kooperation zwischen IPN und CAU ist sicherlich, dass eine der aktuellen Vizepräsidentinnen der CAU (für Lehramt, Wissenschaftskommunikation und Weiterbildung) auch Abteilungsleiterin am IPN ist.

Weiterhin bestehen zwischen IPN und CAU umfangreiche Kooperationen in der Forschung. Der KISOC wurde oben schon erwähnt. Hinzu kommen vielfältige gemeinsame Aktivitäten in verschiedenen Sonderforschungsbereichen, in den beiden Exzellenzclustern der CAU sowie in den Maßnahmen zur Qualitätsoffensive Lehrerbildung. Auch wird gemeinsam mit dem Institut für pädagogisch-psychologische Lehr- und Lernforschung (IPL) der CAU seit vielen Jahren ein Panel zum Lehramtsstudium durchgeführt, das Lehrkräfte vom Eintritt ins Studium bis zur Ausübung ihres Berufs nach dem Zweiten Staatsexamen verfolgt.

Neben der Kooperation mit der CAU hat das IPN enge Forschungsk Kooperationen mit verschiedenen nationalen und internationalen Hochschulen. National sind herausragende Partner die Technische Universität München, die Humboldt-Universität zu Berlin, die Freie Universität Berlin, die Universität Hamburg, die Universität Heidelberg, die Universität Bamberg sowie die Universität Duisburg-Essen. International sind die Kooperationen mit dem Institute of Education am University College London, der Taiwan Normal University oder der Michigan State University hervorzuheben.

Kooperative Forschung in überregionalen Verbünden

Zu den strategischen Zielen der Leibniz-Gemeinschaft gehört es, große Forschungsfelder in überregionalen Verbünden multidisziplinär und kooperativ zu bearbeiten. Dies folgt der Philosophie, dass exzellente Forschung zu aktuellen gesellschaftlichen Themen eher gelingt, wenn außeruniversitäre und universitäre Einrichtungen ihre Expertise zu den entsprechenden Themen zusammenführen und gemeinsame Forschungsvorhaben initiieren. Das IPN hat sich diese Strategie zu eigen gemacht und ist Mitglied in verschiedenen Leibniz-Forschungsverbünden. Hervorzuheben ist dabei die Arbeit im Leibniz-Forschungsverbund Bildungspotenziale (www.leibniz-bildungspotenziale.de), dem 16 Leibniz-Institute und sieben Partnereinrichtungen (überwiegend Universitäten) angehören und in dem die Disziplinen Psychologie, Erziehungswissenschaft, Soziologie und Ökonomie zusammenkommen, um kooperative Bildungsprozesse über die gesamte Lebensspanne zu erforschen. Neben gemeinsamer Forschung werden die Ziele wissenschaftliche Vernetzung, Internationalisierung und Wissenstransfer im Verbund verfolgt. Aus dem Forschungsverbund heraus hat das IPN mit sieben Partnereinrichtungen (Leibniz-Institut und Universitäten) ein virtuelles Leibniz-Kompetenzzentrum Frühe Bildung (www.lkfb.de) gegründet, das versucht empirische Bildungsforschung im Vorschulbereich interdisziplinär zu bündeln. Untersucht wird u. a. die Rolle der Interaktionsqualität zwischen Erwachsenen (Eltern und pädagogische Fachkräfte in Kindertagesstätten) und Kindern für die kindliche Entwicklung. Hinzu kommen Interventionsstudien zur Steigerung der professionellen Kompetenzen der pädagogischen Fachkräfte. Ziel ist es hier, Programme zu entwickeln, die großflächig zur Professionalisierung des pädagogischen Personals in Kindertagesstätten eingesetzt werden können. In einer ersten gemeinsamen Anstrengung wurden in dem Zentrum vier DFG-Projekte eingeworben, die sich alle diesen Themen widmen.

Das Zentrum für internationale Bildungsvergleichsstudien (ZIB), in dem das IPN mit der School of Education der Technischen Universität München und dem Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (DIPF) kooperiert, stellt eine weitere virtuelle Struktur dar, in der im Verbund zum einen das

nationale Projektmanagement für PISA durchgeführt wird, zum anderen vor allem methodische Forschung umgesetzt wird. Schwerpunkte am IPN sind Fragen

- (1) der Schätzung fehlender Werte,
- (2) der Modellierung von Kontexteffekten in geschachtelten Datensätzen,
- (3) der Kausalanalyse nicht-experimenteller Daten,
- (4) der Trendschätzung in internationalen Schulleistungsstudien,
- (5) der Verzerrungen von Testwerten durch Ermüdungseffekte und
- (6) der Moduseffekte, wenn Papier-und-Bleistift-Tests auf Computer überführt werden.

Abschließend sei als Beispiel für einen bilateralen Verbund die gemeinsam mit dem DIPF über zunächst sechs Jahre eingerichtete Forschergruppe „Individuelle Entwicklungsverläufe und institutionelle Rahmenbedingungen über die Lebensspanne“ genannt. Zwei längsschnittlich angelegte Großprojekte, die gemeinsam mit dem Max-Planck-Institut für Bildungsforschung durchgeführt werden, bilden den empirischen Kern der Gruppe und erlauben u. a. Analysen zur Bedeutung von kognitiven und nicht-kognitiven Schülermerkmalen für berufliche Karrieren.

Wissenstransfer und Service

Wie alle Leibniz-Einrichtungen fühlt sich das IPN der Mission *Theoria cum praxi* verpflichtet und erbringt diverse wissenschaftliche Dienstleistungen für die Bildungspraxis und Bildungspolitik. Hervorzuheben sind hier insbesondere die internationalen Naturwissenschaftsolympiaden, deren nationale Auswahl- und Trainingsrunden das IPN als Daueraufgabe übernommen hat. Betreut werden die Internationale BiologieOlympiade (IBO), die internationale ChemieOlympiade (ICHO), die Internationale PhysikOlympiade (IPhO), die Internationale Junior ScienceOlympiade (IJSO), die Europäische Science-Olympiade (EUSO) und der Bundesumweltbewerb (BUW). Ziel der Olympiaden ist vor allem die systematische Förderung von naturwissenschaftlichen Talenten in den Sekundarstufen I und II.

Mit der Kieler Forschungswerkstatt (Kifo) unterhält das IPN gemeinsam mit der CAU eine Infrastruktur, in der Schülerinnen und Schülern sowie Lehrkräfte außerschulische Lernangebote in den Naturwissenschaften erhalten, typischerweise zu Themen neuester Forschung, die noch Jahre benötigen werden, bis sie in Unterrichtsmedien angekommen sind.

Mit dem Institut für Qualitätsentwicklung an Schulen Schleswig-Holstein (IQSH) und der CAU hat das IPN gemeinsame berufsbegleitende Studiengänge entwickelt, zum einen im Bereich Schulmanagement, zum anderen im Bereich der Multiplikatoren für Mathematik-Fortbildungen (zusätzliche Partnerin ist hier die Humboldt-Universität zu Kiel) und schließlich im Bereich der Pro-

fessionalisierung von sonderpädagogischen Fachkräften (zusätzliche Partnerin: Europa-Universität Flensburg). Mit dem IQSH wurde zudem ein Förderprogramm im Fach Mathematik in der Grundschule entwickelt und evaluiert (Mathe macht stark, MMS), das inzwischen in mehrere Bundesländer exportiert wurde und dort Anwendung findet.

Die bekanntesten Transferprojekte waren aber ohne Frage die länderübergreifenden SINUS-Programme zur Steigerung der Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, die zwischen 1998 und 2013 am IPN koordiniert wurden und große wissenschaftsbasierte Professionalisierungsprogramme für Lehrkräfte in den Grundschulen und Sekundarstufen der Bundesländer darstellten.

Neben diesen Aktivitäten werden am IPN regelmäßig Expertisen für die Bildungspolitik erstellt und Politikberatung betrieben. Zuletzt war dies eine umfangreiche Expertise zur Verbesserung des Mathematikunterrichts in der Stadt Hamburg, die mit renommierten Kolleginnen und Kollegen der Fachdidaktik und Bildungsforschung aus ganz Deutschland erstellt wurde.

Schluss

Als außeruniversitäre Forschungseinrichtung der Leibniz-Gemeinschaft hat sich das IPN die Aufgabe gestellt, mathematisch-naturwissenschaftliche Bildungsprozesse über die Lebensspanne durch Forschung und Wissenstransfer nachhaltig zu verbessern. Auch nach über 50 Jahren Arbeit bleiben Desiderata, welche das IPN in seine zukünftige Arbeit aufnehmen muss. Die Digitalisierung von Schule und Unterricht stellt eine zentrale Herausforderung dar ebenso wie eine perspektivische Stärkung des Technikunterrichts. Probleme, zu deren Lösung zukünftige Arbeiten am IPN auch beitragen sollen, sind die hohen Abbruchquoten in den so genannten MINT-Studiengängen sowie die nach wie vor massive Unterrepräsentanz von Frauen in MINT-Berufen und -Studiengängen. Schließlich stellt auch der vorschulische Bereich ein Feld dar, das dringend besser beforscht werden muss. Es bleibt also viel zu tun.

Olaf Köller, Prof. Dr., ist Geschäftsführender Wissenschaftlicher Direktor am IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik in Kiel.