

# IPN Journal Nr. 11

## Inhaltsverzeichnis

Informationen aus dem Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik	2
Lernverläufe analysieren	4
„Es gibt kein Zurück mehr“	10
Die Lernumgebungen des KI-Labors	16
Argumentieren lernen mit Feedback von künstlicher Intelligenz	19
Spuren der Vergangenheit entdecken	22
Wenn Computer Feedback geben	26
Diagnosefähigkeit im Biologie-Lehramtsstudium messen und fördern	29
10 Schritte auf dem Weg zur erfolgreichen Online-Fortbildung für Lehrkräfte	33
Mit einfachen Mitteln für die Kleinen Großes bewirken	40
Mathematikunterricht verbessern	41
Von Forschenden lernen, selbst zu forschen	45
Rubrik: Wissenswertes	49
Impressum	55

# Informationen aus dem Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik

## *Editorial*

Liebe Leserinnen und Leser,

die Corona-Pandemie hat uns eindrucksvoll vor Augen geführt, wie wichtig digitale Technologien für das schulische Lernen sind. Im Jahr 2023 kamen die auf künstlicher Intelligenz basierenden Programme ChatGPT, DeepL und Midjourney und damit auch Herausforderungen für Schulen hinzu. Die Entwicklungsgeschwindigkeit der Technologien ist rasant, die Möglichkeiten sind vielfältig, das Wissen über die Systeme gering und die curricularen Vorgaben sind für Schulen erst im Aufbau. Am IPN wird seit einigen Jahren verstärkt der Nutzen digitaler Technologien im Lehr- und Lernkontext erforscht. In dieser Ausgabe des IPN Journals möchten wir Ihnen einige Projekte aus diesem Bereich näher vorstellen.

Gleich zu Beginn dieser Ausgabe zeigen wir, wie im noch jungen Forschungsfeld „Learning Progression Analytics“ Daten, die in digitalen Lernumgebungen gesammelt werden, dazu beitragen können, Lernverläufe zu analysieren und damit letztlich Schülerinnen und Schüler individueller zu fördern. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt am IPN ist das Potenzial von automatisiertem Feedback. Ob und wie effektiv Feedback von generativen Sprachmodellen wie ChatGPT auf Lernverläufe wirkt, war jüngst Gegenstand einer Untersuchungsreihe, die wir in dieser Ausgabe vorstellen. Wie sich computerbasiertes Feedback auf die Motivation und den emotionalen Zustand der Lernenden auswirkt, ist ebenfalls Thema.

Die Förderung von Lehrkräften und angehenden Lehrkräften steht im Mittelpunkt zweier weiterer Artikel. Zum einen stellen wir die Klassenraumsimulation SKR<sup>Bio</sup> vor, deren Ziel es ist, die diagnostischen Fähigkeiten angehender Biologielehrkräfte zu messen und darauf aufbauend zu verbessern. Zum anderen stellen wir einen Entwicklungsprozess vor, der in zehn Schritten die Konzeption einer Online-Fortbildung für Lehrkräfte beschreibt und der in der IPN-Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik entstanden ist.

Vielleicht haben Sie schon von unserem neuen Podcast „Im Dialog“ gehört? Kurz nach der Veröffentlichung von ChatGPT 3.0 und der damit verbundenen Diskussion um den Einsatz

von KI im Unterricht hat das IPN eine Podcast-Reihe zum Thema KI und die Zukunft des Lehrens und Lernens gestartet. Die erste Folge haben wir für Sie in dieser Ausgabe des IPN Journals aufbereitet. Alle Folgen des Podcasts finden Sie auf der IPN-Webseite und bei den bekannten Podcast-Anbietern.

Wir hoffen, mit den Themen in dieser Ausgabe für Sie wieder eine spannende Auswahl getroffen zu haben und wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Lesen!

Wie immer freuen wir uns über Rückmeldungen unter: [ipnjournal@leibniz-ipn.de](mailto:ipnjournal@leibniz-ipn.de)

Ihr Redaktionsteam: David Drescher, Mareike Müller-Krey, Knut Neumann und Ute Ringelband

## Lernverläufe analysieren

Wie Daten aus digitalen Lernumgebungen genutzt werden können, um Schülerinnen und Schüler in ihrem Kompetenzerwerb zu unterstützen

*Marcus Kubsch & Knut Neumann*

Die Corona-Pandemie hat eindrucksvoll gezeigt, wie wichtig digitale Technologien für das schulische Lernen sind. Dies unterstreicht die Bemühungen der vergangenen Jahre, den Einsatz digitaler Technologien im Unterricht auszubauen. Dabei geht es nicht nur darum, Arbeitsblätter über Lehr-Lern-Plattformen bereitzustellen oder häufiger digitale Medien wie Simulationen einzusetzen. Sondern vielmehr ermöglichen digitale Technologien es, den Unterricht in Teilen neu zu denken.

Natürlich fördern digitale Lehr-Lern-Umgebungen selbstreguliertes Lernen und digitale Messsysteme erleichtern es, Messwerte automatisiert zu erfassen und auszuwerten. Das eigentliche Potential digitaler Technologien liegt jedoch woanders:

Bei der Arbeit mit ihnen fallen umfangreiche Daten an. Dies umfasst zunächst die von Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung der Aufgaben generierten Produkte wie z. B. die erfassten Messwerte. Zusätzlich werden aber auch Daten

im Rahmen des Prozesses der Aufgabenbearbeitung erfasst, z. B. in welcher Reihenfolge welche Messwerte aufgezeichnet wurden. Der Forschungsbereich „Learning Progression Analytics“ (LPA) am IPN erforscht, wie sich die bei der Arbeit mit digitalen Technologien anfallenden Daten nutzen lassen, um die Lernverläufe von Schülerinnen und Schülern zu rekonstruieren, die Effektivität der Lernverläufe im Hinblick auf die Entwicklung angestrebter Kompetenzen zu bestimmen und Ursachen mangelnder Effektivität zu identifizieren, um Schülerinnen und Schüler individuell in ihrem Lernen unterstützen zu können.

Digitalen Technologien wird vielfach ein großes Potential für die Verbesserung von Unterricht zugeschrieben. Neben anderen Vorteilen verspricht man sich vor allem eine stärkere Individualisierung und somit einen an die Bedürfnisse der einzelnen Schülerinnen und Schüler angepassten Unterricht. So kann eine Lehrkraft in einer digitalen Lehr-Lern-Plattform unterschiedlichen Gruppen von Schülerinnen und Schülern oder sogar einzelnen Schülerinnen und Schülern spezifische Aufgaben zuweisen. Zugleich ermöglichen digitale Medien wie Videos, interaktive Simulationen oder Selbsttesteinheiten den Schülerinnen und

Schülern einen an ihre individuellen Bedürfnisse angepassten Zugang zu den jeweiligen Inhalten. Um das Potential digitaler Technologien für einen stärker individualisierten Schulunterricht nutzen zu können, sind jedoch zwei Voraussetzungen notwendig:

Erstens werden, wenn die Schülerinnen und Schüler sich nicht einzeln durch eine Lehr-Lern-Umgebung klicken sollen, digital gestützte Unterrichtseinheiten benötigt. Digital gestützte Unterrichtseinheiten sind reguläre Unterrichtseinheiten, die digitale Technologien nutzen, um Schülerinnen und Schüler besser in ihrer Kompetenzentwicklung zu unterstützen. Dies geschieht beispielsweise, indem den Schülerinnen und Schülern in ihrem digitalen Arbeitsbuch zur Unterrichtseinheit zu jedem Demonstrationsexperiment ein Video zur Verfügung gestellt wird. Schülerinnen und Schüler, die bei der Vorführung des Demonstrationsexperiments nicht gleich die richtige Beobachtung gemacht haben, können dies so nachholen.

Zweitens müssen die digital gestützten Unterrichtseinheiten den Schülerinnen und Schülern sowie der Lehrkraft Rückmeldung zum Lernverlauf geben – idealerweise nicht nur darüber, ob einzelne Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden, sondern insbesondere auch über die im jeweiligen Fach angestrebten Kompetenzen. Denn aus der empirischen Lehr-Lern-Forschung ist gut bekannt, dass eine falsch bearbeitete Aufgabe nicht notwendigerweise unproduktiv für die Kompetenzentwicklung sein kann. Im Gegenteil kann sie kognitiv aktivierend wirken und kombiniert mit entsprechender Instruktion sogar zu einer verbesserten Kompetenzentwicklung führen. Dafür ist es aber notwendig, die Lernverläufe einzelner Schülerinnen und Schüler zu verfolgen und im Hinblick auf ihren Beitrag zur (längerfristigen) Kompetenzentwicklung zu bewerten, um ihnen sowie den Lehrkräften Rückmeldung geben zu können.

Im Projekt AFLEK wird gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Hendrik Drachler) und der Ruhr-Universität Bochum (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Nikol Rummel) untersucht, inwieweit es möglich ist, Lernverläufe zu rekonstruieren und ob die Rückmeldung von Informationen zu Lernverläufen an Lehrkräfte tatsächlich zu einer verbesserten Kompetenzentwicklung führt. Das Projekt AFLEK baut auf dem Projekt energie.TRANSFER auf. Im Projekt energie.TRANSFER wurden insgesamt zwölf Unterrichtseinheiten entwickelt, deren Ziel es war, Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, vernetztes Wissen über Physik zu entwickeln. Diese kurzen Unterrichtseinheiten sind so angelegt, dass sie nahtlos in den Unterricht zu verschiedenen

Sachgebieten der Physik eingebunden werden können. Die Einheiten folgen dem Ansatz des forschend-entdeckenden Lernens, bei dem die Schülerinnen und Schüler ausgehend von einer interessanten und für sie persönlich relevanten Fragestellung (wie z. B., warum ein Laptop manchmal heiß wird), schrittweise das zur Beantwortung der Frage notwendige Wissen erarbeiten. Dazu nutzen sie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wie die Konstruktion und Nutzung von Modellen, die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten sowie die Entwicklung und Diskussion von Erklärungen.

Die Einheiten wurden als digital gestützte Unterrichtseinheiten konzipiert und in der Lehr-Lern-Plattform Moodle implementiert. Ein Grund hierfür war, den Lehrkräften eine einfache Adaptierbarkeit der Einheiten zu ermöglichen. Zu diesem Zweck umfassten die Einheiten physikdidaktische Zusatzinformationen wie die didaktischen Ziele der einzelnen unterrichtlichen Aktivitäten sowie Erläuterungen zur Wahl der jeweiligen Methoden und Medien. Diese Zusatzinformationen konnten in Moodle nur in der Rolle der Lehrkraft eingesehen werden. Ein weiterer Vorteil der Implementation der Einheiten war die Möglichkeit, digitale Technologien einsetzen zu können, um den Unterricht stärker zu individualisieren. Dies betrifft z. B. Videos von Experimenten, die zuvor von der Lehrkraft im Unterricht durchgeführt wurden und zu denen die Schülerinnen und Schüler Fragen beantworten sollten. Ein weiteres Beispiel ist die Nutzung von digitalen Technologien zur Modellbildung. Dadurch lassen sich komplexe Zusammenhänge in einfacher Weise darstellen. Die Implementation in Moodle erlaubt eine nahtlose Integration mit anderen Aufgaben. So können die zuvor im Rahmen einer Frage generierten Konstrukte automatisch in die Modellbildung übernommen und die Ergebnisse zur Formulierung von Schlussfolgerungen bereitgestellt werden. Des Weiteren ermöglicht es, die von den Schülerinnen und Schülern im Rahmen der Aktivitäten generierten Artefakte – im Wesentlichen frei formulierte Antworten – einfacher automatisiert auszuwerten. Die Auswertung solcher Antworten ist allerdings nicht trivial, da klassische Auswertestrategien wie die Detektion bestimmter Schlüsselwörter fehleranfällig sind. Rechtschreibfehler oder Paraphrasierungen können zu fehlerhaften Bewertungen führen. Verfahren der künstlichen Intelligenz (konkret: des maschinellen Lernens) können hier helfen.

Die Forschung zu maschinellem Lernen hat in den vergangenen Jahrzehnten große Fortschritte erzielt. So wird maschinelles Lernen heute in vielen alltäglichen Anwendungen genutzt – u. a. in der Erkennung von gesprochener Sprache, bei der Bedienung digitaler

Assistenten oder bei Empfehlungen im Online-Shopping. Trotz der Weiterentwicklungen ist die maschinelle Auswertung von Freitextantworten nicht unproblematisch; insbesondere, wenn es darum geht, die Antworten nicht nur als richtig oder falsch zu bewerten, sondern bestimmte fachliche Vorstellungen oder Alltagsvorstellungen zu detektieren. Ebendies war aber das Ziel des Projekts AFLEK. Denn nur, wenn klar ist, über welches Wissen Schülerinnen und Schüler bereits verfügen und welches Wissen noch fehlt, kann im Hinblick auf die Entwicklung der angestrebten Kompetenzen nachgesteuert werden. Die reine Bewertung, ob eine Aufgabe richtig oder falsch bearbeitet wurde, reicht hierbei nicht aus.

Wenn Freitextantworten maschinell ausgewertet werden, kommen im Allgemeinen Verfahren der computerbasierten natürlichen Sprachverarbeitung (englisch: natural language processing, NLP) zum Einsatz. Ein Problem dabei ist die Länge der Antworten. Kurze Antworten sind schwieriger zu verarbeiten. Dies wird umso mehr zum Problem, wenn nicht nur ein einzelnes Kriterium (z. B. Richtigkeit), sondern mehrere Kriterien wie z. B. unterschiedliche fachliche Vorstellungen vorhergesagt werden sollen. Deshalb wurden im Projekt sogenannte Transformer-Modelle eingesetzt. Diese Modelle basieren auf neuronalen Netzen und kombinieren die Vorteile einer verbesserten Trainingsgeschwindigkeit bei gleichbleibender Vorhersagegüte mit einer höheren Sensitivität für den (sprachlichen) Kontext. Transformer-Modelle sollten es daher ermöglichen, auch bei kurzen Antworten fachliche Vorstellungen zuverlässig über verschiedene Kontexte hinweg zu erkennen.

Im Rahmen des Projekts AFLEK wurden zum Training der Transformer-Modelle die Antworten der Schülerinnen und Schüler zu zwei Unterrichtseinheiten aus dem Projekt energie.TRANSFER von ausgebildeten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zunächst aufwendig per Hand kodiert. Für jede Antwort wurde das Vorliegen verschiedener fachlicher Vorstellungen – z. B. der Vorstellung von Energieformen (wie elektrischer Energie oder Wärmeenergie) oder der Vorstellung von Energieumwandlungen (wie der Umwandlung elektrischer Energie in Wärmeenergie) – kodiert. Diese Kodierungen wurden genutzt, um für jede erwartete fachliche Vorstellung verschiedene Modelle zur maschinellen Auswertung der Antworten zu trainieren und zu testen. Neben Transformer-Modellen gehörten dazu u. a. auch Entscheidungs-Baum- und Lineare-Regressions-Modelle. Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, auch bei den üblichen kurzen Schülerantworten das Vorhandensein bzw. das Fehlen bestimmter fachlicher Vorstellungen zuverlässig zu erkennen. Darüber hinaus wurde

deutlich, dass Transformer-Modelle und dabei insbesondere die deutsche Version des von Google entwickelten Transformer-Modells BERT die beste Vorhersagegüte liefern.

Die derart trainierten Modelle können nun genutzt werden, um die Entwicklung des Wissens der Schülerinnen und Schüler – im Sinne des Vorhandenseins bestimmter fachlicher Vorstellungen und Verknüpfungen zwischen ihnen – zu rekonstruieren.

Diese Rekonstruktion kann man sich als Wissensnetzwerke vorstellen. In einem Experiment mit zwei Schülerinnen bzw. Schülern, die im Folgenden als Person A und Person B bezeichnet werden, wurde die Entwicklung dieser Wissensnetzwerke beobachtet. Es wurde untersucht, welche Wissens Elemente die Personen in den Aufgaben verwendet haben, die bis zum Zeitpunkt der Erstellung der Netzwerke bearbeitet wurden. Es konnte festgestellt werden, dass beide Personen zu Beginn der Unterrichtseinheit noch keine Verbindungen zwischen den Wissens Elementen herstellten. Im Verlauf der Unterrichtseinheit wurde jeweils eine Verbindung zwischen den Wissens Elementen thermische Energie und elektrische Energie deutlich. Die Personen waren zu diesem Zeitpunkt in der Lage, jene Wissens Elemente gemeinsam in Aufgaben zu nutzen, z. B. indem sie beschrieben, dass die beiden Energieformen in einem Phänomen zu beobachten sind. Darüber hinaus zeigte sich im Fortlauf ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Personen: Während Person A das Wissen zur Energieumwandlung mit den beiden Energieformen verknüpfte und dieses Wissen in den bearbeiteten Aufgaben erfolgreich anwandte, war dies bei Person B nicht der Fall. Person B wandte lediglich das Wissen über die Energieformen, nicht aber über die Energieumwandlung an. Hiernach konnte beobachtet werden, dass die Personen keine weiteren Ideen in ihre Wissensnetzwerke integriert haben, ihr vorhandenes Wissen jedoch weiterhin erfolgreich nutzen und somit festigen konnten.

Welchen Nutzen haben diese Wissensnetzwerke für den Unterricht? Sie bieten sowohl differenzierte als auch intuitiv zugängliche Informationen zum Wissen der Schülerinnen und Schüler. Im obigen Beispiel wird deutlich, dass Person A und B auch bis zum Ende der Einheit keine Verbindung zwischen Energieformen und damit verknüpften Größen – den sogenannten Indikatoren für das Vorhandensein von Energie einer bestimmten Form – herstellen. Die Lehrkraft könnte basierend auf diesen Informationen noch einmal darauf eingehen, dass es für die Erklärung von Phänomenen wichtig ist, nicht nur zu benennen, welche Energieformen ineinander umgewandelt werden, sondern auch, woran man dies erkennt. Aus Sicht der Forschung ergibt sich die spannende Frage, inwieweit diese

Verbindungen überhaupt für die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz relevant ist – wie in der Fachdidaktik gemein hin angenommen. Diesen und ähnlichen Fragen wird zurzeit in der Forschungsgruppe „Learning Progression Analytics“ nachgegangen.

Hierfür werden im Projekt ALICE in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Hendrik Drachsler) der Ruhr-Universität Bochum (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Nikol Rummel) sowie dem Leibniz-Institut für Wissensmedien (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Ulrike Cress) Lernverläufe in deutlich längeren Unterrichtseinheiten im Umfang von ca. zehn Wochen in Mathematik und den Naturwissenschaften analysiert. Der im Projekt AFLEK entwickelte Zugang dient dafür als Grundlage.

Zusammenfassend nutzt die Arbeitsgruppe Learning Progression Analytics Verfahren der künstlichen Intelligenz, speziell des Maschinellen Lernens, um aus Produktdaten (z. B. Antworten von Schülerinnen und Schülern) und Prozessdaten (z. B. Videoabspielverhalten) aus digitalen Lehr-Lern-Umgebungen zunächst Lernstände zu rekonstruieren. Dann werden basierend auf diesen Lernständen individuelle Lernverläufe rekonstruiert und diese hinsichtlich ihres Erfolgs bezüglich der Kompetenzentwicklung bewertet. Dadurch soll eine Grundlage geschaffen werden, um Schülerinnen und Schüler zukünftig automatisiert und individuell in ihrer Kompetenzentwicklung unterstützen zu können. Dies geschieht beispielsweise durch Rückmeldung an Schülerinnen und Schüler sowie an Lehrkräfte oder sogar den Vorschlag weiterer Aufgaben oder Instruktionsstrategien. Gerade in Zeiten des (zunehmenden) Lehrkräftemangels leisten die im Bereich Learning Progression Analytics angesiedelten Projekte somit einen wichtigen Beitrag zur Sicherung und Verbesserung der Unterrichtsqualität.

#### **Über die Autoren:**

Prof. Dr. Marcus Kubsch war von 2016 bis 2023 Postdoktorand in der Abteilung für Didaktik der Physik am IPN und ist inzwischen Professor für Physikdidaktik an der Freien Universität Berlin. [m.kubsch@fu-berlin.de](mailto:m.kubsch@fu-berlin.de)

Prof. Dr. Knut Neumann ist Direktor der Abteilung für Didaktik der Physik am IPN. [neumann@leibniz-ipn.de](mailto:neumann@leibniz-ipn.de)

## „Es gibt kein Zurück mehr“

IPN-Direktor Prof. Dr. Olaf Köller im Gespräch mit Jacob Chammon und Prof. Dr. Ulrike Cress über KI und die Zukunft des Lehrens und Lernens

### *Interview*

OLAF KÖLLER: Ehe wir uns mit KI, also der künstlichen Intelligenz, beschäftigen, möchte ich gern über Berührungspunkte mit digitaler Bildung im eigenen Lebenslauf sprechen.

JACOB CHAMMON: Letztens traf ich in Berlin einen ehemaligen Arbeitskollegen, mit dem ich 2007 in Dänemark zusammen Klassenlehrer war. Damals waren gerade die ersten Smartphones auf den Markt gekommen. Wir fanden es spannend herauszufinden, wie wir diese Geräte im Unterricht einsetzen können. Das war, bevor es WLAN gab und alle Schülerinnen und Schüler in Dänemark mit Endgeräten ausgestattet wurden. Es gab keine Lernplattformen und wir haben herauszufinden versucht, was wir mit digitalen Technologien in unseren Fachdidaktiken verändern können. Das habe ich dann über fast zwanzig Jahre bis heute gemacht: Herauszufinden, wie man neue Möglichkeiten in den Fachdidaktiken entwickeln und weiterführen kann.

OLAF KÖLLER: Und bist du jetzt ein bisschen enttäuscht, seitdem du in Deutschland bist, weil es technologisch hinterherhinkt?

JACOB CHAMMON: Nein. Wenn man mit Jugendlichen aus der neunten Klassenstufe spricht, erfährt man, dass sie alle in der Schule mit Büchern angefangen haben. Und jetzt können sie sich kaum noch vorstellen, ein Buch in die Hand zu nehmen. Es gibt viele Beispiele aus dem Ausland – aber natürlich auch aus Deutschland – die wir als good practice nutzen können. Aber die deutsche Skepsis und Diskussionskultur, z. B. beim Thema Datenschutz, haben auch ihr Gutes: Wir vermeiden dadurch, Fehler zu wiederholen, die andere vor uns gemacht haben.

ULRIKE CRESS: Wissensprozesse haben immer etwas mit Medien zu tun. Text ist ein Wissensmedium, ein Buch ist ein Wissensmedium, und natürlich gehören dazu auch die digitalen Medien. Sie eröffnen viele Möglichkeiten, indem das Wissen schon vorverarbeitet, repräsentiert bzw. dargestellt wird. Die Kognitionspsychologie im Bildungsbereich hat eigentlich immer schon digitale Medien im besonderen Blick gehabt. Bereits vor fünfzig

Jahren war die Kognitionspsychologie führend, weil sie gewusst hat, wie Lernen gut funktioniert; nämlich, dass Übung eine ganz wichtige Komponente ist, genauso wie Feedback und Adaptivität, aber auch die Möglichkeit, gemeinsam Dinge zu konstruieren, zu kommunizieren und zu hinterfragen. Da bieten Medien natürlich hervorragende Möglichkeiten. In der Praxis ist die Digitalisierung in Deutschland damals schwer angekommen und war recht kritisch besetzt. Das erleben wir jetzt anders, z. B. mit ChatGPT. Lehrkräfte sind viel offener, auch wenn sie anfänglich skeptisch waren.

OLAF KÖLLER: ChatGPT ist wirklich breit aufgenommen worden in der Praxis. Am IPN haben wir lange Zeit noch auf vergleichsweise traditionelle Formen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts geschaut. Eine Fokussierung auf Chancen digitaler Medien im Unterricht, das kam erst später, vermutlich forciert durch die Covid-19-Krise. Wir haben gesehen, welche Chancen es bietet, wenn Schülerinnen und Schüler mit digitalen Einheiten arbeiten. Aus den Daten, die wir über die Lernenden erhalten, weil der Computer aufzeichnet, was sie machen, kann man auch Schlussfolgerungen ziehen, ob sie auf dem richtigen oder auf dem falschen Wege sind, was das Bearbeiten oder Lösen von Aufgaben betrifft. Jetzt beschäftigen wir uns mit den so genannten Learning Analytics. Bei ChatGPT schaut die Bildungsforschung zum Beispiel, welches Potenzial darin steckt. Nicht nur, dass Systeme Texte schreiben, sondern auch, dass Systeme geschriebene Texte von Schülerinnen und Schülern automatisch auswerten und Lehrkräften hinsichtlich der Korrektur Arbeit abnehmen können. So kann ein komplexer Aufsatz von der Maschine in wenigen Augenblicken korrigiert werden. Und: Die Maschine ärgert sich nicht, wenn der Aufsatz schlecht ist, es gibt also keine Verzerrungseffekte. Wie wird das Thema bei den Lehrkräften denn jetzt verhandelt?

JACOB CHAMMON: Eine der allerersten Fragen ist immer: Werden Lehrkräfte überflüssig? Aber die Pandemie hat gezeigt: Nein, wir brauchen Lehrkräfte, aber ihre Rolle verändert sich. Denken wir beispielsweise an Prüfungsformate und Leistungsbeurteilungen: Dem Schüler oder der Schülerin wird eine Frage gestellt und es muss eine Antwort schriftlich formuliert werden. Dieses Aufgabenformat funktioniert mit KI nicht mehr. Wir müssen uns ernsthaft mit den Leistungsüberprüfungen auseinandersetzen. Das ist bei den Lehrkräften angekommen. Die Veränderungsbereitschaft ist positiv und lösungsorientiert. Jetzt heißt es bei den Lehrkräften überwiegend: Wie kann ich meinen Schülerinnen und Schülern Kompetenzen

vermitteln, damit sie beurteilen können, ob dieser Text, der da rauskommt, gut oder schlecht ist? Nach welchen Kriterien kann ich so einen Text beurteilen? Natürlich muss man als Schülerin oder Schüler heutzutage immer noch und auch in der Zukunft schreiben lernen. Aber ich glaube, wir brauchen zusätzlich auch andere Sprachkompetenzen, also das Bewertende, das Analysierende, das Reflektierende. Und dann komme ich zurück zu meinem Lieblingsthema: Das bedeutet andersherum auch, dass unsere Prüfungsformate verstärkt einen reflektierenden, analysierenden Charakter haben müssen statt nur den der Wissensreproduktion. Aus meiner Sicht haben Lehrkräfte verstanden, welche Chancen KI bietet.

OLAF KÖLLER: KI wird Schule verändern und sie wird Routinen aufbrechen. Wie eben gesagt: Die klassische Wissensaufgabe funktioniert nicht mehr. Dafür müsste man die Schülerinnen und Schüler wegsperren und ihnen alle digitalen Medien wegnehmen. Natürlich erzeugt es Angst sowie Sorgen, wenn bisherige Routinen überholt sind. Aber es gibt kein Zurück mehr. Gibt es eigentlich empirische Evidenz für die Offenheit?

ULRIKE CRESS: Das ist eine spannende Frage, die sehr ambivalent ist. Einerseits sind wir in Deutschland sehr kritisch. Andererseits, wenn wir zum Beispiel Studien zur Medizin anschauen, trauen Patientinnen und Patienten der KI sehr viel zu, wenn man ihnen beispielsweise die Wahl gibt, sich vom Roboter operieren zu lassen oder vom Arzt. Auch wenn man Leute fragt, wie sie es finden, dass ein journalistischer Text von der KI geschrieben ist, stört es sie gar nicht. Das heißt, die Offenheit ist sehr groß. Man traut diesen Mitteln eine höhere Expertise als der menschlichen zu. Dennoch ist es eine wichtige Bildungsaufgabe zu zeigen, was realistische Erwartungen an eine KI sind: Was kann sie und was kann sie nicht? Auch die Mitschülerinnen und -schüler wissen nicht alles. Da gibt es einen, der weiß das und die andere das. Die KI sollte genauso eine differenzierte Betrachtung erfahren von den Lernenden, als wäre sie ein Mensch.

JACOB CHAMMON: Dabei steht die Frage im Raum, wie wir KI-basierte lernförderliche Anwendungen für die Schule in die Breite tragen können.

OLAF KÖLLER: Das ist ein spannender Punkt. Aber noch einmal zu dem Beispiel aus der Medizin zurück: Wenn deutlich wird, welchen großen Mehrwert KI erzeugt und welche Entlastung sie mit sich bringt, dann ist das Potenzial da, dass sie akzeptiert wird. So ist es

auch in der Schule. Die Akteure vor Ort müssen überzeugt davon sein, dass es einen bedeutenden Mehrwert hat – Mehrwert vor allem in Form von Entlastung der Lehrerinnen und Lehrer. Man braucht übergreifende Strukturen, damit Veränderungen in allen Schulen ankommen. Denn Modellversuche mit zwei oder mit fünf Schulen führen nicht zu flächendeckenden Veränderungen. Die Ständige Wissenschaftliche Kommission der KMK, in der Ulrike Cress und ich Mitglied sind, hat vorgeschlagen, Zentren digitaler Bildung einzurichten, in denen Wissenschaft, Unternehmen, Ländervertreter, Schulträger-Vertreter, Stiftungen und Schulbuchverlage zusammengebracht werden, um einen Fahrplan zu entwerfen, wie diese Veränderungen flächendeckend in die Schulen gelangen können. Die Bundesregierung hat jetzt Geld für so genannte digitale Kompetenzzentren bereitgestellt. Also, der Startschuss ist gegeben. Jetzt ist es wichtig, dass sich die Akteure zusammensetzen. Man braucht nachhaltige Strukturen. Denn ich beobachte, dass die Schulen nach der Corona-Zeit wieder zurückgefallen sind, die Whiteboards nicht mehr benutzt werden und die Tablets in der Schublade liegenbleiben. Eine gute Frage ist: Was können wir im Moment den Schulen anbieten?

ULRIKE CRESS: Es gab vor drei Jahren eine Untersuchung, die zusammengestellt hat, welche Tools es gibt. Das Ergebnis ist ernüchternd: Es gab etwa 100 Tools und der überwiegende Teil dieser Tools war dem Bereich Lernen und Üben zuzuordnen, in dem Sinne, dass Kinder einfach Aufgaben samt Feedback bekommen. Das gehört zum sogenannten Nachmittagsmarkt und hat mit Schule nichts zu tun. Es gibt einen kleineren Anteil von Tools, der dann wirklich im Unterricht landet im Sinne individueller Lernförderung, mit denen die Lehrkraft einen Überblick hat, wo die Klasse steht und in der Klasse einzelne Aufgaben zuteilen kann. Ein ganz geringer Anteil waren Tools, die dann eine Makroebene betreffen von Schule, z. B. Evaluation, Datensammeln, Raumplanung und Personaleinsatz. Aber das sind Dinge, in denen auch großes Potenzial liegt, bei denen es nicht nur um Lernen, sondern auch um Schulentwicklung geht. Es gibt viele Potenziale von KI, die man noch wenig im Blick hat. KI macht den Unterricht und das Lernen besser, interessanter, motivierender. Und diese große Vielfalt von KI, die müssen wir mehr im Blick haben.

OLAF KÖLLER: Aber eins steht fest: Weder die Landesinstitute noch die Wissenschaft wird diese Dinge entwickeln können. Dafür fehlen Ressourcen und das entsprechende Know-how. Kommerzielle Anbieter haben Programmierer-Teams, die Ideen für Designs haben, allerdings

auch eine sehr einfache Wahrnehmung von Schule vertreten. Die Anwendungen sind häufig wenig komplex. Es geht hauptsächlich ums Üben. Wenn man sich zum Beispiel die Mathe-Tools anguckt, geht es fast immer nur um Arithmetik, also darum, Aufgaben auszurechnen. Es geht selten um komplexere Dinge.

ULRIKE CRESS: Bisher liegt quasi alles auf den Schultern der Lehrkräfte. Eine Lehrkraft, die interessiert ist, die findet gute Tools, probiert diese aus und setzt sie ein. Aber da steckt ein großer Aufwand hinter. Es muss mehr angeboten werden. Dafür sind die Länder gefragt und auch Schulbildungseinrichtungen. Es kann nicht in der individuellen Verantwortung der Lehrkraft liegen.

OLAF KÖLLER: Jetzt haben wir immer den bisherigen Markt kritisiert. Gibt es denn Beispiele für gute Anwendungen, die im Unterricht eingesetzt werden können?

JACOB CHAMMON: Zurzeit gibt es noch nicht viele Tools, die komplexe Sachverhalte rein digital abbilden können. Bei Schulprozessen, die auch soziale Prozesse sind, kann es nicht zielführend sein, dass alle Kinder vor dem Bildschirm sitzen und alles digital machen. In Dänemark existieren Materialien, mit denen die Themen dreigliedrig behandelt werden: Erstens wird KI zielgerichtet eingesetzt, um Lernwege zu individualisieren. Zweitens beinhalten sie ein physisches Buch, da es Dinge gibt, die in der sozialen Interaktion in der Klasse gemacht werden müssen, und drittens eine Lernplattform, auf der das kollaborative Lernen stattfinden kann. Es gibt also das Individuelle, mit dem Dinge trainiert und geübt werden – da wird KI eingesetzt. Es gibt das Soziale, vor Ort in der Klasse ohne Bildschirmzeit, um miteinander zu arbeiten, zu diskutieren und Dinge zu erörtern. Und es gibt eine kollaborative Möglichkeit, bei der Schülerinnen und Schüler gemeinsam mit den Lehrkräften Dinge erarbeiten und Feedback erhalten. Diese Mischung ist sehr gelungen und kann als gutes Beispiel dienen.

OLAF KÖLLER: Im MINT-Unterricht bietet das Thema KI natürlich auch viele Chancen, Dinge verstehbar zu machen, die sonst abstrakt bleiben, indem man sie sichtbar macht. Eine letzte Frage: Können wir sagen, wenn wir über Digitalisierung sprechen, dass automatisch auch KI gemeint ist?

ULRIKE CRESS: KI ist nichts anderes als ein digitales Tool, das vieles kann. Für mich ist es nicht relevant, ob es KI ist oder nicht, sondern ob es Tools sind, die technologisch aktuell sind und

die lernförderlich sein können. Es wird sich zeigen, ob diese auch in der Praxis anwendbar sind und dann auch eingesetzt werden. Ob da KI drin ist oder nicht, ist für mich nebensächlich.

OLAF KÖLLER: Das leuchtet mir ein. Herzlichen Dank für dieses Gespräch!

### **Information**

Das Gespräch ist eine gekürzte und leicht veränderte Fassung der Folge „Warum beschäftigt sich die Bildungsforschung mit künstlicher Intelligenz?“ des IPN-Podcasts „Im Dialog“, in dem es um Schule, Bildung und Wissenschaft geht. Aktuell wird das Thema KI und die Zukunft des Lehrens und Lernens behandelt.

### **Über die Gesprächsteilnehmerinnen und -teilnehmer:**

Jacob Chammon ist seit August 2023 Geschäftsführer der Deutsche Telekom Stiftung. Der ausgebildete Lehrer für die Fächer Dänisch, Deutsch als Fremdsprache, Geschichte und Musik war bis zum Jahr 2011 an Schulen in Dänemark tätig. 2012 übernahm er die Leitung der damals neugegründeten Deutsch-Skandinavischen Gemeinschaftsschule in Berlin. 2019 wechselte er zum Forum Bildung Digitalisierung e.V., dessen geschäftsführender Vorstand er ein Jahr später wurde.

Prof. Dr. Ulrike Cress ist Direktorin des IWM, des Leibniz-Instituts für Wissensmedien, und Professorin an der Universität Tübingen im Fachbereich Psychologie. Die Kognitionspsychologin beschäftigt sich mit sozial- und kognitionspsychologischen Prozessen, die bei der gemeinsamen Konstruktion und Nutzung von Wissen relevant sind.

Prof. Dr. Olaf Köller ist Geschäftsführender Wissenschaftlicher Direktor des IPN und Direktor der Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie am IPN. Außerdem hält er die Professur für Empirische Bildungsforschung an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel inne.

## Die Lernumgebungen des KI-Labors

Mit den online-Lernumgebungen des KI-labors sollen unterrichtliche Zugänge zu verschiedenen Verfahren der künstlichen Intelligenz ermöglicht werden. Zwei der Lernumgebungen des KI-labors werden in diesem Beitrag vorgestellt.

*Andreas Mühling*

Die künstliche Intelligenz (KI) ist – weit über das Fach Informatik hinaus – ein spannendes Thema für den Schulunterricht, vor allem in Form ihrer aktuell erfolgreichen Variation des maschinellen Lernens aus großen Datenmengen. Schülerinnen und Schüler nutzen die neusten Systeme generativer KIs wie ChatGPT und unser Alltag ist längst von den Entscheidungen der „künstlichen Intelligenz“ durchdrungen. Im Sinne eines kontextualisierten Fachunterrichts bieten sich dadurch zahlreiche mögliche Aufhänger, wie unter anderem die ökonomische Nutzung von Daten, der Einsatz von KI in der Physik oder Biologie, die Funktionsweise der Systeme sowie ethische und juristische Fragestellungen.

Damit ein solcher Unterricht funktioniert, ist ein grundlegendes Wissen über die Systeme notwendig, denn nur dadurch können z. B. die Gefahren und Chancen von KI sinnvoll eingeschätzt werden. Allerdings sind die aktuellen Systeme das Ergebnis von langjähriger Spitzenforschung und daher auf dem Niveau der Sekundarstufen schwer vermittelbar. Auch fehlt es oft an entsprechendem zugänglichem Unterrichtsmaterial.

Abhilfe schafft das KI-Labor (<https://ki-labor.ddi.leibniz-ipn.de/>). Das KI-Labor wurde von der Arbeitsgruppe Didaktik der Informatik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und des IPN entwickelt und bietet Lehrkräften die Möglichkeit, moderne KI-Verfahren in ihren Unterricht zu integrieren.

Die Website ist eine Sammlung von vollständig browserbasiert arbeitenden Online-Lernumgebungen, die auf zwei Prinzipien basieren:

1. Es werden KI-Verfahren in einem Anwendungskontext präsentiert.
2. Jede Lernumgebung enthält Experimentiermöglichkeiten für Schülerinnen und Schüler.

Die Lernumgebungen lassen sich flexibel in den Unterricht integrieren. Es gibt sowohl didaktisch stark reduzierte und aufbereitete Umgebungen als auch solche, in denen moderne Verfahren an großen Datensätzen erfahrbar gemacht werden.

Ein Beispiel für die erste Variante, eine stark aufbereitete Umgebung, ist „Perzeptron“. Hier wird anhand eines interaktiven Comics die Funktionsweise einfacher neuronaler Netze im Kontext der Klassifikation beschrieben. Mit den Parametern eines sehr einfachen Netzes (dem Perzeptron) können Schülerinnen und Schüler zunächst experimentieren und dabei den Lernprozess selbst übernehmen.

Für ein komplexeres Netz stößt dieses Vorgehen aber an seine Grenzen und die Notwendigkeit einer automatisierten Optimierung („Lernen“) wird erfahrbar.

Im Gegensatz dazu wird in der Lernumgebung „MNIST Zahlenerkennung“ mit einem leistungsfähigen neuronalen Netz gearbeitet, das auf einem klassischen Datensatz des maschinellen Lernens beruht – die sogenannte „MNIST“ Datenbank. Es geht bei der Lernumgebung um die Fähigkeit von neuronalen Netzen bei der Handschrifterkennung, eine Technik, die z. B. bei der automatischen Sortierung von Briefen zum Einsatz kommt. Zunächst werden Schülerinnen und Schüler zu einem experimentellen Herangehen an ein fertig trainiertes Netz angeleitet. Ziel ist, die Leistungsfähigkeit des trainierten Netzes im Vergleich zum Menschen zu überprüfen.

In einem zweiten Schritt heißt es dann: Das Netz selbst trainieren. Die Lernparameter (Hyperparameter) werden zugänglich gemacht und ein untrainiertes Netz kann anhand dieser trainiert werden. Dabei wird erkennbar, dass das Lernen selbst ein gesteuerter, algorithmischer Prozess ist und dass am Ende nicht immer ein ähnlich leistungsfähiges Netz entsteht. Auch die Notwendigkeit leistungsfähiger Hardware wird in diesem Zusammenhang erfahrbar, da das Lernen durchaus die Hardware moderner Systeme beansprucht und auch eine Weile dauert. Aktuell stehen bereits 13 Lernumgebungen online zur freien Verfügung. Sie werden fortlaufend im Unterricht überprüft, wobei sich für die beiden hier vorgestellten Lernumgebungen zeigte, dass sie im Rahmen des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe II von Schülerinnen und Schülern selbstständig bearbeitet werden können und Lernerfolge messbar sind. Weitere Angebote werden – zum Beispiel im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten – fortlaufend entwickelt.

**Über den Autor:**

Prof. Dr. Andreas Mühling ist seit dem Jahr 2016 an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) für die Fachdidaktik Informatik zuständig. Er leitet die vor kurzem gemeinsam mit der CAU am IPN eingerichtete Arbeitsgruppe Didaktik der Informatik. [muehling@leibniz-ipn.de](mailto:muehling@leibniz-ipn.de)

## Argumentieren lernen mit Feedback von künstlicher Intelligenz

Feedback zu Schreibaufgaben wie dem Argumentieren zu erstellen ist zeitaufwändig und stellt eine Herausforderung für Lehrkräfte dar. Dies führt häufig dazu, dass Schülerinnen und Schüler kein oder nur unzureichendes Feedback erhalten. Ein IPN-Projekt untersucht, inwiefern Feedback von künstlicher Intelligenz Abhilfe schaffen und das schriftliche Argumentieren von Schülerinnen und Schülern fördern kann.

*Thorben Jansen*

Stellen Sie sich vor, Sie haben eine Idee, die so brilliant und neu ist, dass Sie andere davon überzeugen möchten. Dies muss meistens schriftlich erfolgen, da Sie viele Menschen erreichen wollen. Eine Argumentation zu schreiben, ist aber eine komplizierte Aufgabe. Zuerst muss sich eine Argumentation überlegt, dann diese aufgeschrieben und anschließend ertragen werden, dass aus einer gut *gedachten* Argumentation erst einmal eine schlecht *geschriebene* wird. An diesem heiklen Punkt des Schreibprozesses kann entweder aufgehört und die gute Idee begraben werden, oder – wie es Expertinnen und Experten tun – der Text so lange überarbeitet werden, bis eine überzeugende schriftliche Argumentation entstanden ist. Echte Neulinge im Argumentieren, wie z. B. Schülerinnen und Schüler, brauchen hier besonders Hilfe, etwa in Form von Feedback. Die Herausforderung für Schulen und Lehrkräfte besteht nun darin, wie jeder beziehungsweise jedem ein lernförderliches Feedback gegeben werden kann, wenn eine ganze Klasse gleichzeitig einen Text schreibt. Künstliche Intelligenz (KI) könnte bei der Bewältigung dieser Herausforderung helfen, so sehen es zumindest die Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz und die UNESCO. Um zu untersuchen, ob mit künstlicher Intelligenz qualitatives Feedback vervielfacht werden kann, sodass alle Schülerinnen und Schüler davon profitieren, führten wir drei Studien durch, in denen jeweils ein wichtiger Erfolgsfaktor für den Einsatz von KI in der Schule im Mittelpunkt stand. In Studie 1 waren es die Lehrkräfte, in Studie 2 die Schülerinnen und Schüler und in Studie 3 die KI selbst.

In der ersten Studie ging es um die Meinung der Lehrkräfte, ob KI-Feedback bereits gut genug ist, um von Schülerinnen und Schülern zur Überarbeitung ihrer Argumentationen genutzt zu werden. Wir zeigten 89 Lehramtsstudierenden Argumentationen von Schülerinnen und Schülern, inklusive Feedbacks. Die Hälfte des Feedbacks stammte von

einer KI, die andere Hälfte von erfahrenen Lehrkräften, was die Probanden allerdings nicht wussten. Obwohl das Feedback der Lehrkräfte als deutlich besser wahrgenommen wurde, waren die Meinungen über das Feedback der KI immer noch so positiv, dass wir zu dem Schluss kamen, dass das Feedback gut genug ist, um es den Schülerinnen und Schülern im Unterricht zu geben.

In der zweiten Studie baten wir 459 Schülerinnen und Schüler, eine Argumentation zu schreiben, und gaben ihnen dann entweder ein KI-Feedback oder – was in der Schule leider am häufigsten vorkommt – kein Feedback. Die Schülerinnen und Schüler empfanden es motivierender, angenehmer und nützlicher, ein KI-Feedback zu erhalten als kein Feedback. Auch die Qualität der Textüberarbeitung verbesserte sich, wenn auch nicht so stark. Deshalb wollten wir in Studie 3 herausfinden, was KI-Feedback effizient macht.

In unserer dritten Studie verglichen wir verschiedene Arten von Feedback miteinander. Dafür stellten wir 345 Schülerinnen und Schülern ein Lehrbuchkapitel zur Verfügung, das ihnen bei der Überarbeitung helfen sollte. Dieses Lehrbuchkapitel wurde dann mit KI-Feedback ergänzt. Als Feedback zeigten wir die Bewertungskriterien, gaben eine Punktzahl für den Text oder markierten Textstellen im Lehrbuch, auf die sich die Schülerinnen und Schüler bei der Überarbeitung konzentrieren sollten. Die Kombination aller drei Feedback-Arten zur Individualisierung des Lehrbuchs erwies sich am effektivsten.

Zusammenfassend sind diese drei kontrollierten, experimentellen Studien Hinweise darauf, dass KI-generiertes Feedback Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen kann, ihre Texte zu überarbeiten und dadurch argumentative Expertise zu erwerben. Nun gilt es zu untersuchen, wie KI-Feedback in den Unterricht implementiert werden kann und welche Effekte sich im authentischen Lernkontext über einen längeren Zeitraum zeigen. Denn nur wenn sich KI-Feedback dort bewährt, kann es dazu beitragen, dass Schülerinnen und Schüler ihre guten Ideen weniger begraben müssen, sondern wir uns in Zukunft von diesen Ideen überzeugen lassen können.

### **Über den Autor:**

Dr. Thorben Jansen ist Mitarbeiter der Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie am IPN. Zuvor studierte er Psychologie an der Christian-

Albrechts-Universität zu Kiel. Am IPN leitet er die Nachwuchsgruppe Digital Argumentation Instruction for Science (DARIUS), die erforscht, wie schriftliches naturwissenschaftliches Argumentieren von Schülerinnen und Schülern mithilfe von automatisierten formativen Beurteilungen gefördert werden kann. Ziel des durch die Telekom-Stiftung geförderten Projektes ist die Entwicklung eines digitalen Lerntools, mit dessen Hilfe Schülerinnen und Schüler das schriftliche naturwissenschaftliche Argumentieren erlernen und trainieren können. [tjansen@leibniz-ipn.de](mailto:tjansen@leibniz-ipn.de)

## Spuren der Vergangenheit entdecken

Wie mit einer App aktuelle landschaftsarchäologische Forschungsinhalte vermittelt werden können. In einer Studie des Kiel Science Outreach Campus am IPN wurde eine mobile digitale Lernumgebung zur Landschaftsarchäologie entwickelt und untersucht, inwieweit mit deren Nutzung das Interesse und das Wissen in dem Bereich gesteigert werden kann.

*David Frederik Hölscher*

Im Rahmen des Kiel Science Outreach Campus (KiSOC) widmete sich ein Teilprojekt dem Lernen über Archäologie mit mobilen Lernumgebungen. KiSOC war ein gemeinsam vom IPN und der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) initiiertes Leibniz-WissenschaftsCampus zum Thema Wissenschaftskommunikation, der bis vor wenigen Jahren am IPN koordiniert wurde. Der Campus bestand aus 15 universitären und außeruniversitären Partnern. Mit ihm sollte aufgezeigt werden, wie wissenschaftliche Erkenntnisse verständlich in die Öffentlichkeit getragen werden können. Ein beispielhafter Weg dazu wurde in dem hier vorgestellten Teilprojekt beschritten. In ihm wurde eine App zum Thema Landschaftsarchäologie entwickelt und erprobt. Dies erfolgte auf Exkursionen in Form von Fahrradtouren mit Erwachsenen sowie Familien mit Kindern. Leitfrage der Untersuchung war, ob die Nutzung einer App mit aktuellen landschaftsarchäologischen Forschungsinhalten im Freien die Vorstellungen der Lernenden von Landschaft als historisches Phänomen verändert.

Um die Wirkung der Lernumgebung zu untersuchen, wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten vor und nach den Exkursionen leitfadengestützte Interviews durchgeführt. Sie lieferten Informationen darüber, welche Veränderungen in den Vorstellungen der Teilnehmenden über Landschaft, Mensch-Umwelt-Beziehungen und Archäologie vorkamen, ob das Angebot positiv aufgenommen wurde und wo Verbesserungsbedarf bestand. Die Interviews wurden mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet und durch Fallbeschreibungen sowie Erkenntnissen aus Feldnotizen ergänzt. So konnten eine vorläufige Typologie der Vorstellungen erstellt und Lernverläufe rekonstruiert werden.

Als Modellregion, in der die App zur Anwendung kam, wurde die Hohwachter Bucht im Umfeld der Stadt Lütjenburg (Kreis Plön) in Schleswig-Holstein gewählt – ein sowohl landschaftlich abwechslungsreiches als auch kulturhistorisch gehaltvolles Gebiet. Als

fachliche Grundlage wurde die Kultur- und Landschaftsgeschichte vom Ende der letzten Eiszeit bis zum Ende des Mittelalters beschrieben.

In die Entwicklung des Konzepts für die App flossen Leitlinien aus dem Modell der didaktischen Rekonstruktion, Erkenntnisse aus dem *outdoor learning*, dem *game-based learning* bzw. der *gamification* sowie aus der Didaktik der Geschichte ein. Besonders berücksichtigt wurden auch Erfahrungen aus der Vermittlung der Umweltgeschichte. Denn den inhaltlichen Schwerpunkt der Vermittlung bildeten Aspekte vergangener Mensch-Umwelt-Verhältnisse, und zwar aus archäologischer Perspektive.

Anknüpfungspunkte hierfür bestanden aus physischen Spuren der Landschafts- und Kulturgeschichte, dort, wo die entsprechenden Entwicklungen stattgefunden haben. Die technische Lösung zur Umsetzung bildete die App „XPLORE“ der Hochschule RheinMain in Wiesbaden.

Die Zielgruppe setzte sich aus einem interessierten Laienpublikum zusammen, in das auch Kinder und Jugendliche im Alter von etwa 12 Jahren einbezogen wurden. Aus dem breiten Zielpublikum mit überwiegend geringem Vorwissen resultierte auch ein eher niedriges Anforderungsniveau der Lernumgebung.

Die Lernumgebung bestand aus einer etwa 22 km langen Fahrradtour entlang 16 verschiedener Stationen in der Modellregion. An jeder Station konnten die Teilnehmenden mit Hilfe der App spielerisch Informationen abrufen. Die Stationen wurden hauptsächlich an Bodendenkmälern und archäologischen Fundstellen, zum Teil aber auch an anderen markanten Landschaftselementen platziert. An den Stationen wurden die Themengebiete Ernährung und Wirtschaftsweise, Siedlung und Wohnen, Ressourcennutzung, Verkehr und Austausch, Sicherheit und Befestigung, Hierarchien und Herrschaft sowie Bestattung behandelt. Landschaftsgeschichte bzw. Paläoökologie und Kulturgeschichte wurden dabei eng verzahnt. Der Fokus lag darauf, ein Verständnis für langfristige Entwicklungen zu fördern. Die Lernenden sollten sowohl das Zusammenwirken menschlicher und natürlicher Einflussfaktoren auf die Entstehung von Landschaft über die Zeit erfassen als auch erkennen, dass Spuren aus unterschiedlichen Phasen dieses Zusammenspiels in der gegenwärtigen Landschaft zu finden sind. Denn die Landschaft, wie sie Menschen heute begegnet, stellt sich als Resultat einer langen und vielfältigen Entwicklung dar, deren Spuren vielschichtig zusammenwirken. Diese

Aspekte zu erfassen, bedeutet gleichsam, ein (historisches) Bewusstsein für Landschaft zu entwickeln.

Bei den vor den Exkursionen bestehenden Vorstellungen der Studienteilnehmenden über Landschaft, Mensch-Umwelt-Verhältnis und Archäologie deutet sich ein starker Einfluss von Massenmedien und populären Darstellungen an. Inhaltlich bestanden sie mehrheitlich aus einer Mischung fachnaher und fachferner Konzepte.

Die Exkursionen sorgten für eine Anreicherung der Vorstellungen um fachnahe Konzepte. So förderten sie bei den meisten Teilnehmerinnen und Teilnehmern im Bereich Landschaft die Wahrnehmung des menschlichen Faktors. Landschaft wurde in Folge der Exkursionen also als menschlich beeinflusster, historisch gewachsener Raum oder als Raum, in dem es historisch-archäologische Spuren zu entdecken gibt, wahrgenommen. Auch wenn es einzelnen Exkursionsteilnehmerinnen und -teilnehmern Mühe bereitete, archäologische Denkmäler mit Hilfe der App zu identifizieren, wurde die Lernumgebung insgesamt sehr positiv aufgenommen.

Darüber hinaus entwickelte eine knappe Mehrheit der Exkursionsteilnehmenden nachhaltig und langfristig ein Bewusstsein für Landschaft. Dies zeigte sich vor allem in einer stärkeren Wahrnehmung potenzieller anthropogener Landschaftsmerkmale oder auch in einer bewussten Verknüpfung der physischen Gestalt der Landschaft mit ihrer Geschichte. Hierbei wurde deutlich, dass ortsgebundenes Lernen auch im Bereich der Landschafts- und Umweltgeschichte die Auseinandersetzung mit Geschichte anregen und unterstützen kann. Es steht zu vermuten, dass es für die Ausbildung eines Bewusstseins für Landschaft in der genannten Art wichtig ist, den (prä-)historischen Geschehensorten eine persönliche Bedeutung zuzuschreiben. Dabei legen die Studienergebnisse nahe, dass die Identifikation der entsprechenden Geschehensorte – hier vor allem Bodendenkmäler – eine bedeutende Voraussetzung bildet. Erst mit dem Lernen über Spuren von Kultur- und Umweltgeschichte in der Landschaft und mit der Ausbildung der Fähigkeit, mögliche Spuren zu erkennen, werden Menschen also in die Lage versetzt, sich mit Landschaften auseinanderzusetzen und vorhandene Landschaftselemente in ihrer einzelnen Bedeutung für die Landschafts- oder auch Kulturgeschichte sowie in ihrem Zusammenspiel zu erfassen.

Die Studie zeigt große Potenziale ortsgebundenen Lernens mit mobilen digitalen Medien in den Bereichen Archäologie und Umweltgeschichte auf. Bei ihrer Entwicklung sollte möglichst nah am Forschungsstand gearbeitet werden, damit der Gegenstand der Vermittlung, d. h. die Inhalte, der fachlichen bzw. wissenschaftlichen Grundlage gerecht wird. Dies bedeutet auch, Unsicherheiten, Erkenntnislücken und die Vorläufigkeit des Wissensstandes offen zu kommunizieren. Die Interessen, Vorstellungen, Kompetenzen und Fähigkeiten – kurz: die Lernvoraussetzungen der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer – müssen bei den Planungen berücksichtigt werden, ebenso ihre Befähigung, bestimmte Angebote zu nutzen. Passt das Angebot nicht zur Zielgruppe, ist eine Nutzung durch sie unwahrscheinlich.

### **Über den Autor:**

Dr. David Frederik Hölscher war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Ur- und Frühgeschichte der CAU und im KiSOC am IPN der Abteilung Didaktik der Chemie zugeordnet. Der studierte Archäologe und Historiker beschäftigte sich im Kiel Science Outreach Campus (KiSOC) mit der Vermittlung aktueller Forschung in multimedialen Lernumgebungen. Die hier vorgestellte Studie ist Teil seiner Dissertation.

## Wenn Computer Feedback geben

Über die Rolle von computerbasiertem Feedback und dessen Auswirkungen auf Motivation und Emotionen

*Livia Kuklick*

Feedback kann eine Vielzahl von (z. B. lernbezogenen oder motivationalen) Funktionen erfüllen und ist daher ein elementarer Bestandteil der Unterrichtspraxis. Durch den zunehmenden Einsatz digitaler Medien in- und außerhalb des Klassenzimmers gewinnt neben den Lehrkräften als „klassische“ Feedbackquelle auch computerbasiertes Feedback an praktischer Relevanz. Insbesondere in Tests, die von vielen Testteilnehmenden gleichzeitig bearbeitet werden, erscheint eine Bereitstellung von automatisiertem Feedback attraktiv. Ein computervermitteltes Format ermöglicht es, dass jede Testteilnehmerin und jeder Testteilnehmer unmittelbar nach der Bearbeitung einer Aufgabe eine individuelle Rückmeldung erhalten kann. Dies könnte vor allem in Zeiten des Lehrkräftemangels eine attraktive Unterstützung im Unterrichtsalltag darstellen.

Empirisch zeigt sich, dass unmittelbares, automatisiertes Feedback in Tests das Lernen effektiv fördern kann. Etwas komplexer und nicht unbedingt nur positiv erscheinen jedoch die Auswirkungen von Feedback auf die darauffolgenden Emotionen und die Motivation der Feedbackrezipientinnen und -rezipienten. Im Kontext von unmittelbarem Feedback könnte insbesondere die Ausrichtung einer Feedbackbotschaft (d. h., ob aufgabenbezogener Erfolg oder Misserfolg signalisiert wird) relevant für die entsprechende Wirkung des Feedbacks sein. Kurz gesagt: Während Feedback in der Fachliteratur mehrfach als Tool zur Motivationsförderung vorgeschlagen wird, legt die Theorie nahe, dass leistungsschwächere Testbearbeitende in ihrem emotionalen oder motivationalen Befinden durch negatives Feedback beeinträchtigt werden könnten. Allerdings gibt es bisher kaum empirische Studien, die dies tatsächlich untersucht haben.

Eine Studie am IPN befasste sich mit dieser Forschungslücke und untersuchte in einer Reihe von empirischen Experimentalstudien die komplexen Auswirkungen der Bereitstellung von unmittelbarem, automatisiertem Feedback beim digitalen Testen. Dabei lag der Fokus auf dem affektiv-motivationalen Erleben der Testteilnehmerinnen und Testteilnehmer. In den Studien wurde auch analysiert, inwiefern Elemente wie

ausführlichere Feedbackinhalte oder ein ansprechendes Feedbackdesign mit Farben, Animationen oder Bildern positive Effekte haben können. Das Hauptziel der Arbeit war es, praxisrelevante und empirisch fundierte Empfehlungen für die Gestaltung von digitalem Feedback im Testkontext zu entwickeln.

Die Ergebnisse der Studien zeigten insgesamt, dass positives Feedback (d. h. nach korrekten Antworten) im Vergleich zu keinem Feedback stets vorteilhafte Auswirkungen hatte. Das zustimmende Feedback beeinflusste vor allem die Emotionen und Motivation der Testteilnehmenden positiv. Diese Befunde deuten darauf hin, dass automatisiertes Feedback im digitalen Testen insbesondere als positive Verstärkung dienen könnte, beispielsweise in einfacheren Tests oder bei Personen mit hohem Leistungsniveau.

Negatives Feedback (d. h. nach falschen Antworten) erwies sich hingegen als zweischneidiges Schwert: Einerseits trug es positiv zur Fehlerkorrektur bei und half den Testteilnehmenden, ihre Leistung genauer einzuschätzen, andererseits wirkte es sich unvorteilhaft auf das affektiv-motivationale Erleben der Testteilnehmenden aus. Diese Zweischneidigkeit bedeutet für die Praxis, dass die Bereitstellung von unmittelbarem Feedback Abwägungssache ist, je nachdem, welche Funktion das Feedback erfüllen soll. Steht beispielsweise das Lernen im Vordergrund, kann eine unmittelbare Fehlerkorrektur wünschenswert sein. Die potenziellen negativen affektiv-motivationalen Auswirkungen einer entsprechenden Fehlerkorrektur sollten jedoch mitgedacht werden, denn eine wiederholte Konfrontation mit aufgabenbezogenem Misserfolg mittels Feedback könnte zu einer systematischen Benachteiligung leistungsschwacher Testteilnehmender führen. Dabei stellte die Testleistung einen entscheidenden Faktor dafür dar, wie sich die Bereitstellung von Feedback auf die Emotionen der Testteilnehmenden auswirkte. So berichteten Personen, die unmittelbares Feedback erhielten, mehr Freude und Stolz gepaart mit weniger Ärger und Frustration nach positivem Feedback. Nach negativem Feedback hingegen waren die Effekte umgekehrt und die Testteilnehmenden empfanden mehr Ärger und Frustration bei weniger Freude und Stolz. Das zeigt, wie wichtig es ist, die Leistung der Zielgruppe mitzudenken, wenn darüber nachgedacht wird, Feedback als emotionale Stütze während der Testbearbeitung bereitzustellen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Feedback sich möglicherweise besonders gut als positive Verstärkung eignet.

Wenngleich die affektiv-motivationalen Auswirkungen von negativem Feedback in keiner der Studien positiv waren, zeigten die Ergebnisse, dass sich die Wirkung von Feedback durch die inhaltliche oder visuelle Ausgestaltung der Feedbackbotschaft beeinflussen ließ. Feedback mit geringem Informationsgehalt wie eine bloße Richtig/Falsch-Rückmeldung oder auch reines Textfeedback (ohne Bilder und/ oder Animationen) zeigte die unvoreilhaftesten Auswirkungen auf Emotionen und die Motivation während der Testbearbeitung. Dahingegen konnten (1) ein detaillierter Feedbackinhalt sowie (2) die Integration von Bildern oder freundlichen Animationen die nachteiligen affektiv-motivationalen Auswirkungen von negativem Feedback abmildern. In ihrer Gesamtheit zeigten die Ergebnisse jedoch deutlich, dass die (überwiegende) Positivität der Feedbackbotschaften der ausschlaggebendere Faktor für die Wirkung des Feedbacks war.

Zusammenfassend tragen die hier vorgestellten Erkenntnisse zu einem besseren Verständnis der vielschichtigen Effekte von automatisiertem Feedback bei und können so die Praxis dabei unterstützen, automatisiertes Feedback in Schulen, Hochschulen und anderen Bildungskontexten gezielter einzusetzen und gewinnbringender zu nutzen. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass es insbesondere für die Entwicklung negativer Feedbackbotschaften Fingerspitzengefühl bedarf. Zukünftige Forschung sollte daher vertiefend Wege erforschen, wie unmittelbares, negatives Feedback in digitalen Kontexten gewinnbringend gestaltet werden kann. Ein elaborierter Feedbackinhalt und multimediale Elemente in der Feedbackbotschaft könnten hierfür gute Ansatzpunkte sein.

### **Über die Autorin:**

Dr. Livia Kuklick hat an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Psychologie studiert und ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Erziehungswissenschaft des IPN. Hier beschäftigt sie sich mit Fragen der Effekten des Testens und Lernens mit unmittelbarem (multimedialem) Feedback sowie mit kognitiven und affektiv-motivationalen Prozessen bei der Bearbeitung von Leistungstests. Die hier vorgestellten Arbeiten sind Teil ihrer Dissertation. [kuklick@leibniz-ipn.de](mailto:kuklick@leibniz-ipn.de)

# Diagnosefähigkeit im Biologie-Lehramtsstudium messen und fördern

Einsatz der Klassenraumsimulation SKR<sup>bio</sup> mit und ohne Chatbot-Unterstützung

*Daniela Fiedler & Ute Harms*

Obwohl die fachliche und fachdidaktische Diagnose der Leistungen von Schülerinnen und Schülern durch die Lehrkraft einen zentralen Aspekt gelingender Lernprozesse darstellt, wird sie im Unterricht oft vernachlässigt. Gründe hierfür sind vielfältig, einer von ihnen ist beispielsweise die Diagnosefähigkeit der Lehrkraft. Es ist wenig darüber bekannt, inwieweit Lehramtsstudierende in der Lage sind, die Ideen, Erklärungen oder Argumente von Schülerinnen und Schülern fachlich und fachdidaktisch korrekt zu diagnostizieren. Um die Diagnosefähigkeit im Biologie-Lehramtsstudium messen und vor allem auch fördern zu können, wurde die Klassenraumsimulation SKR<sup>Bio</sup> (kurz für Simulierter KlassenRaum Biologie) entwickelt und durch einen Chatbot – als Prototyp eines adaptiven Feedbackgebers zur Unterstützung der Lehramtsstudierenden – ergänzt.

Digitale Lernumgebungen sind zunehmend in den Fokus der Bildungsforschung und universitären Lehre gerückt, da sie quasi-authentische Lernsituationen erzeugen können, in denen die Komplexität der realen Unterrichtssituation reduziert und auf einen spezifischen Aspekt des Unterrichtsprozesses konzentriert wird, wie zum Beispiel auf die Diagnose von Schüleräußerungen zu einem konkreten fachlichen Lerngegenstand. Lehrkräfte müssen in der Lage sein, die Leistungen ihrer Schülerinnen und Schüler (z. B. deren Erklärungen oder Argumente zu bestimmten Fragestellungen) im Unterrichtsgeschehen schnell und präzise einzuschätzen, um den weiteren Lernprozess, etwa durch eine direkte Rückmeldung, unterstützen zu können. Allerdings sind Lehrkräfte im realen Unterricht meist so stark mit der Umsetzung ihrer Unterrichtsplanung und dem Klassenmanagement beschäftigt, dass die fachliche und fachdidaktische Beurteilung der Leistungen oft vernachlässigt wird.

Lehrkräfte entwickeln deklaratives, fachliches, fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen – also die Grundlagen für ihr späteres professionelles Handeln im Unterricht – zwar während des Lehramtsstudiums, dies bleibt jedoch oft „träge“. Das

heißt, sie wenden ihr Wissen in Praxissituationen nicht an. Dies kann zu unzureichenden Diagnosen der Schülerleistungen und in Folge zu inadäquaten Rückmeldungen und Hilfestellungen im Unterricht führen.

Um die Diagnosefähigkeit schon im Biologie-Lehramtsstudium messen und insbesondere auch fördern zu können, wurde die Klassenraumsimulation SKR<sup>Bio</sup> entwickelt. Im SKR<sup>Bio</sup> schlüpfen Biologie-Lehramtsstudierende in die Rolle einer Lehrkraft, um in einer simulierten Klassenraumumgebung in einer Unterrichtssequenz die Leistung virtueller Schülerinnen und Schüler (als Portrait-Fotos dargestellt) zu diagnostizieren. Die digitale Unterrichtssequenz folgt dabei einem Frage-Antwort-Schema, bei dem Fragen aus einem vorgegebenen Fragenpool an die virtuelle Klasse gerichtet werden können. Die Antworten der virtuellen Schülerinnen und Schüler sind einer spezifischen Niveaustufe zugeordnet. Die Niveaustufen zu den jeweiligen Themen im SKRBio wurden theoriegeleitet und in Anlehnung an publizierte Kompetenzniveaustufenmodelle festgelegt. Während der Unterrichtssequenz soll jede Antwort der virtuellen Schülerinnen und Schüler von dem bzw. der Lehramtsstudierenden (beispielsweise eine Fehlvorstellung zu einer evolutionsbiologischen Frage) diagnostiziert werden, indem die Antwort einer der vordefinierten Niveaustufen zugeordnet wird. Nach der Unterrichtssequenz soll jeder Schüler bzw. jede Schülerin wiederum genau der Stufe zugeordnet werden, die in seinen bzw. ihren Antworten am häufigsten über die gesamte Unterrichtssequenz hinweg gezeigt wurde. Der Grad der Übereinstimmung zwischen den Bewertungen der virtuellen Klasse durch die Lehramtsstudierenden und der voreingestellten tatsächlich gezeigten Leistung (gemessen in der jeweiligen Niveaustufe) ergibt ein Maß für die Diagnosefähigkeit des bzw. der Lehramtsstudierenden.

Die erste Version des SKR<sup>Bio</sup> für das Thema Evolution (Kompetenzbereich Sachkompetenz) wurde im Projekt ProSim: Prozedurales Professionswissen im Simulierten Klassenraum entwickeln (gefördert durch das BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung, in den Jahren 2017–2020) entwickelt. Im darauf aufbauenden Projekt „FiSK: Effekte adaptiver Feedbackbots im Simulierten Klassenraum auf prozedurales Professionswissen“ (ebenfalls gefördert durch das BMBF, in den Jahren 2021–2024) wurde die Klassenraumsimulation um die Themen Experimentieren (Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) und Argumentieren (Kompetenzbereich

Kommunikation) erweitert und durch einen Chatbot als Prototyp für einen adaptiven Feedbackgeber ergänzt.

Im SKR<sup>Bio</sup> wird der Diagnoseprozess der Lehramtsstudierenden (Probanden) während der Unterrichtssequenz durch einen integrierten Chatbot unterstützt, der in der digitalen Lernumgebung zwei Funktionen übernimmt: Zum einen können Probanden aktiv Fragen an den Chatbot stellen (z. B. „Was ist eine teleologische Fehlvorstellung?“) und erhalten – ähnlich einem digitalen Wörterbuch – eine standardisierte Antwort zu vordefinierten Begriffen bzw. Anfragen. Zum anderen reagiert der Chatbot proaktiv auf bestimmte Verhaltensmuster der Probanden (z. B. die dreimalige Auswahl des gleichen virtuellen Schülers) durch Eingabe bestimmter Aufforderungen bzw. Informationen (z. B. verschiedene Schülerinnen und Schüler einmal zum Vergleich dranzunehmen).

Nach der Unterrichtssequenz und Diagnose der virtuellen Klasse steht den Probanden ein sogenanntes Report-Modul zur Verfügung, in welchem die durchgeführte Unterrichtssequenz für sie noch einmal zusammengefasst wird. In dieser Rückmeldung können die Probanden selbst überprüfen, ob ihre Diagnosen korrekt ausgefallen sind.

In unseren ersten Studien mit dem SKR<sup>Bio</sup> mit Chatbot zeigt sich, dass Biologie-Studierende zwischen 25% bis 40% der Antworten der virtuellen Schülerinnen und Schüler vollständig korrekt diagnostizieren, d. h. alle in der jeweiligen Antwort hinterlegten fachlichen Elemente oder Aspekte erkennen. Allerdings zeigen sich große Unterschiede in der korrekten Bewertung der Niveaustufe eines Schülers bzw. einer Schülerin bei den verschiedenen Themen des SKR<sup>Bio</sup>. So ordnen die Probanden beim Thema Evolution im Mittel 67% der virtuellen Klasse der korrekten Niveaustufe zu, während es beim Experimentieren 47% und Argumentieren nur 24% sind. Obgleich die Fokussierung auf die Diagnose einzelner Antworten eine Limitation gegenüber einem komplexen Unterrichtsgespräch darstellt, bietet der SKR<sup>Bio</sup> dennoch die Möglichkeit, das im Studium erworbene deklarative Wissen – z. B. über verbreitete Fehlvorstellungen zur Evolution – in einer konkreten simulierten Handlungssituation anzuwenden und so das Diagnostizieren zu relevanten Themen des Biologieunterrichts einzuüben. In einem gerade gestarteten Projekt, im Rahmen des Projektverbundes DigiProMIN (im Kompetenzverbund lernen:digital, der durch die Europäische Union – NextGenerationEU und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird), wird der SKR<sup>Bio</sup> nun auch als digitale Lernumgebung in Fortbildungen

für Biologie-Lehrkräfte der zweiten und dritten Phase integriert. Dort soll er die Diagnosefähigkeit in den Kompetenzbereichen Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnung und Kommunikation der Bildungsstandards unterstützt werden.

**Über die Autorinnen:**

Dr. Daniela Fiedler war bis vor kurzem wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Didaktik der Biologie am IPN. Aktuell ist sie Tenure-Track Professorin am Institut für Naturwissenschaftsdidaktik (IND) der Universität Kopenhagen. Sie forscht über das Lehren und Lernen der Evolution mit Fokus auf Kompetenzentwicklung.

[dfiedler@ind.ku.dk](mailto:dfiedler@ind.ku.dk)

Prof. Dr. Ute Harms ist Direktorin am IPN und Professorin für Didaktik der Biologie an der CAU. Das Lehren und Lernen der Evolution über die Lebensspanne ist einer ihrer Forschungsschwerpunkte. [harms@leibniz-ipn.de](mailto:harms@leibniz-ipn.de)

# 10 Schritte auf dem Weg zur erfolgreichen Online-Fortbildung für Lehrkräfte

Wie digitale Fortbildungsangebote entwickelt werden sollten

*Felix Kapp*

Digitales Lernen betrifft nicht nur Schülerinnen und Schüler. Auch die Anzahl der digitalen Fortbildungsangebote für Lehrkräfte in Deutschland nimmt stetig zu. Im Vergleich zu Präsenzveranstaltungen bieten Online-Angebote die Möglichkeit, eine größere und vielfältigere Gruppe von Lehrkräften zeit- und ortsunabhängig zu erreichen. Digitale Medien eröffnen auch neue Interaktionsformen für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Das am IPN angesiedelte Deutsche Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik nimmt in seinen Entwicklungs- und Forschungsarbeiten solche Angebote in den Blick.

Eine Verlagerung von Präsenzveranstaltungen hin zu digitalen Angeboten in der Lehrkräftefortbildung führt zu Veränderungen in den Lehr- und Lernmodalitäten. Jede Lehrkraft entscheidet selbst, wann und wie sie sich mit dem Material auseinandersetzt. Der direkte Austausch zwischen Kolleginnen und Kollegen tritt in Online-Umgebungen oft zu Gunsten einer intensiven individuellen Auseinandersetzung mit dem fachdidaktischen Thema in den Hintergrund.

Ob eine Online-Fortbildung erfolgreich ist, also von der Lehrkraft bearbeitet sowie von ihr als hilfreich eingeschätzt wird und letztlich einen positiven Effekt auf das Unterrichten hat, hängt dabei von einer Vielzahl an Faktoren ab. Das Deutsche Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik (DZLM) entwickelt und untersucht unter anderem auch digitale Fortbildungsangebote, welche als Hauptbestandteil Selbstlernmodule haben. Hier stellen wir vor, wie digitale Fortbildungsangebote ausgearbeitet werden können. Dieser Vorschlag beruht dabei auf Erkenntnissen und Erfahrungen aus dem Netzwerk des DZLM, das am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) koordiniert wird.

Zwei Beispiele aus dem Bereich Mathematik: Das erste Beispiel, das „Digitale Selbstlernmodul Algebra“, wurde unter der Federführung der DZLM-Netzwerkpartnerinnen und -partner von den Pädagogischen Hochschulen Heidelberg

und Freiburg gemeinsam mit der Universität Duisburg-Essen entwickelt. Dieses Modul adressiert fachdidaktische Inhalte in den Bereichen „Variablen“, „Terme“ und „Gleichungen“. Mathematiklehrkräfte erhalten zu Beginn jedes Themenbereichs eine kurze Unterrichtsszene in Form einer sogenannten Vignette. Diese Vignetten stellen im Format eines Cartoons typische Anforderungen an Lehrkräfte in einer Unterrichtssituation aus den jeweiligen Themenbereichen dar und werden durch entsprechende Fragestellungen ergänzt. Anhand der von den Lehrkräften getroffenen fachdidaktischen Einschätzungen dieser Situationen werden Empfehlungen für spezifische Lerninhalte innerhalb des Selbstlernmoduls ausgesprochen. Diese werden im Anschluss in Form von Erklärvideos und korrespondierenden Quizaufgaben dargeboten. Pro Themenbereich bzw. Rubrik stehen bis zu drei Erklärvideos mit fachdidaktischen Hintergründen zur Verfügung.

Im Anschluss an die Auseinandersetzung mit diesen Lerninhalten werden abermals Unterrichtsvignetten präsentiert und von den Lehrkräften bearbeitet. Werden die fachdidaktischen Herausforderungen korrekt erkannt, sind die Voraussetzungen für den Erhalt des Zertifikats gegeben. Je nach Vorwissen variiert die Bearbeitungszeit des „Digitalen Selbstlernmoduls Algebra“ zwischen einer und drei Stunden.

Das zweite Beispiel einer Online-Fortbildung basiert auf dem etablierten Weiterbildungsprogramm Mathe sicher können (MSK) der Technischen Universität Dortmund. In der Online-Fortbildung des Programms können sich Lehrkräfte in insgesamt vier sogenannten Bausteinen jeweils mit dem fachdidaktischen Hintergrund zu den Themen „Stellenwerte verstehen“, „Zahlen ordnen und vergleichen“, „Additions- und Subtraktionsverständnis“ sowie „Multiplikations- und Divisionsverständnis“ beschäftigen. In jedem Baustein stehen dabei Erklärvideos von Expertinnen und Experten, Unterrichtsvideos, Beispiele von Schülerinnen und Schülern, Texte, Abbildungen sowie Quiz- und Reflektionsaufgaben zur Verfügung. Darüber hinaus finden sich innerhalb der Bausteine das Diagnose- und Fördermaterial des MSK-Programms für Schülerinnen und Schüler. Mit den zur Verfügung gestellten Aufgaben können die Lehrkräfte direkt in ihren Klassen arbeiten. Entsprechende Hinweise zur Durchführung und Auswertung in der Klasse oder Fördergruppe sind ebenfalls in den Bausteinen enthalten. Idealerweise beschäftigen sich die Lehrkräfte im Rahmen der Online-Fortbildung zuerst mit den fachdidaktischen Hintergründen und gehen anschließend mit

den Diagnose- und Förderaufgaben in ihre eigenen Klassen, um den Einsatz des Materials auszuprobieren. Sollte es nicht möglich sein, die Aufgaben in der eigenen Klasse auszuprobieren, werden ihnen Beispiellösungen von fiktiven Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt, anhand derer man sowohl die Diagnose von fehlenden Verstehensgrundlagen als auch die Ansatzpunkte für die Förderung nachvollziehen kann. Die Durchführung dieser Online-Fortbildung erfolgt in der Regel in Gruppen von Lehrkräften. Nach einem gemeinsamen Auftakt – sei es durch eine Präsenzveranstaltung oder ein gemeinsames Online-Treffen – stehen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern anschließend die Bausteine über einen Zeitraum von rund vier Monaten zur Verfügung. Während dieser Zeit werden optionale Termine mit dem MSK-Team in Form von Videokonferenzen angeboten. Jeder der vier Bausteine erfordert etwa drei Stunden Bearbeitungszeit. Die Fortbildung endet mit einer Abschlussveranstaltung, in der die Inhalte sowie die Anwendung des Diagnose- und Fördermaterials reflektiert werden. Die Teilnahme an der Einführungs- und Abschlussveranstaltung sowie die Bearbeitung der zentralen Aufgaben in den Bausteinen sind Voraussetzungen für den Erhalt eines Teilnahmezertifikats.

Betrachtet man exemplarisch die beiden dargestellten Fortbildungen, werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede deutlich: In beiden Angeboten erfahren die teilnehmenden Lehrkräfte erhebliche Freiheiten bei der Ausgestaltung ihres individuellen Lernprozesses. Im Gegensatz zu gemeinsamen Gruppenaktivitäten und definierten Rahmenbedingungen, wie sie in Präsenzveranstaltungen üblich sind, können hier die fachdidaktischen Inhalte individuell angepasst an das persönliche Vorwissen, die eigene Motivation, individuelle Ziele und verfügbare Ressourcen erarbeitet werden.

Die beiden Angebote unterscheiden sich wiederum hinsichtlich ihres Umfangs und ihrer Struktur. Während das „Digitale Selbstlernmodul Algebra“ eine individuelle und flexible Nutzung durch Lehrkräfte ermöglicht, beinhaltet die Online-Fortbildung aus dem Programm Mathe sicher können neben Selbstlernphasen auch eine gemeinsame Auftakt- und Abschlussveranstaltung in Echtzeit. Sowohl die Gesamtdauer der Fortbildung als auch die geplanten Aktivitäten im Rahmen des Fortbildungsprogramms variieren zwischen den Angeboten. Ein wichtiges Element der Online-Fortbildung Mathe sicher können ist die praktische Erprobung von Diagnose- und Fördermaterial. Die Fortbildung berücksichtigt dabei, dass die Durchführung dieser Aktivität in den

jeweiligen Schulen der Lehrkräfte nicht immer realisierbar ist, und bietet einen alternativen Weg anhand von fiktiven Schülerinnen und Schülern.

In Modellen des Selbstregulierten Lernens als auch im Angebots-Nutzungs-Modell der Lehrerfortbildung von Lipowsky und Rzejak werden verschiedene Einflussfaktoren auf den Lernprozess benannt. Zu diesen Einflussfaktoren gehören das Vorwissen, die individuelle Motivation und Zielstellung der Lehrkräfte sowie ihre verfügbaren zeitlichen und kognitiven Ressourcen. Diese Einflussfaktoren sollten bei der Entwicklung der Online-Fortbildungen explizit berücksichtigt werden. Allerdings besteht bei Online-Fortbildungen eine besondere Herausforderung darin, dass sich die Gruppe aufgrund der größeren Anzahl an Teilnehmerinnen und Teilnehmern in Bezug auf die Ziele, das Vorwissen und die Motivation mehr unterscheidet, als dies in kleineren Gruppen bei Präsenzveranstaltungen der Fall ist. Gleichzeitig ist es den Fortbildenden während der Veranstaltung nicht in gleichem Maße möglich, unterstützend einzugreifen.

Unterstützungsangebote müssen bereits im Vorfeld eingeplant und umgesetzt werden.

Die DZLM-Leitlinien für Fortbildungen fassen umfangreiche Erfahrungen in der Lehrkräftefortbildung zusammen. Unter Berücksichtigung dieser Leitlinien, bisherigen Erfahrungen mit Online-Fortbildungen und bewährten Modellen zur Gestaltung digitaler Lernumgebungen lässt sich der Entwicklungsprozess von Online-Fortbildungen entlang der folgenden zehn Schritte beschreiben.

Durch die höhere Reichweite von Online-Fortbildungen ergibt sich auch eine vielfältigere Zielgruppe im Vergleich zu Präsenzveranstaltungen. Bei der Entwicklung passgenauer Angebote nimmt die Definition und Beschreibung der zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer eine zentrale Rolle ein.

In einem ersten Schritt sollten daher relevante Merkmale der Zielgruppe, wie beispielsweise Motivation, Vorwissen und Erwartungen, definiert und anschließend beschrieben werden. Dieser Aufgabe kann man sich sowohl durch die Erstellung von sogenannten Personas (prototypische Profile von Nutzerinnen und Nutzern) als auch mittels Befragungen der Zielgruppe nähern.

Im zweiten Schritt werden die Lerninhalte und Kompetenzen definiert, welche in der Fortbildung vermittelt werden sollen. Eine genaue Beschreibung der Fortbildungsinhalte – beispielsweise anhand von Mind-Maps – und Antworten auf Fragen wie „Was können

die Teilnehmerinnen und Teilnehmer nach der Online-Fortbildung?“ , „Was machen sie nach der Fortbildung in ihrem Unterricht anders?“ sind Ergebnisse dieses Schritts.

Während die ersten beiden Schritte bei Präsenz- und Online-Fortbildungen nahezu identisch sind, enthält der dritte Schritt spezifische Inhalte von Online-Fortbildungen bzw. Fortbildungen mit digitalen Elementen. In diesem Schritt werden Lernmaterialien in Form von Texten, Videos, Präsentationen, Animationen, Simulationen und interaktiven Aufgaben entweder aus bestehenden Sammlungen ausgewählt und angepasst oder für die Online-Fortbildung neu erstellt.

Im vierten Schritt geht es um die Festlegung der Rahmenbedingungen: „In welcher Abfolge sollen Teilabschnitte bzw. Bausteine der Fortbildung absolviert werden?“, „Gibt es eine Auftakt- und Abschlussveranstaltung?“ und „Inwiefern gibt es während der Online-Fortbildung Unterstützungsangebote für die Teilnehmenden?“

Im fünften Schritt steht die Beschreibung der Aktivitäten im Fokus, die während der Fortbildung durchgeführt werden. Dabei sollen unterschiedliche Verläufe berücksichtigt werden. Da die größeren Freiheitsgrade in Online-Fortbildungen genau dies ermöglichen, ist es sinnvoll, sich diese unterschiedlichen Verläufe durch die Fortbildung bereits im Vorfeld zu verdeutlichen. Einerseits können dafür die unterschiedlichen Personas aus Schritt eins genutzt werden („Wie würden erfahrene Lehrkräfte im Vergleich zu Quereinsteigerinnen und -einsteigern mit wenig Erfahrung agieren?“), andererseits müssen verschiedene Rahmenbedingungen bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern berücksichtigt werden. So hat zum Beispiel der eine Zugang zu einer Fördergruppe, um Diagnosematerial auszuprobieren, eine andere aber nicht.

Sobald diese konzeptionellen Entscheidungen im Rahmen der Entwicklungsphase getroffen wurden, beginnt im sechsten Schritt die technische Umsetzung durch die Einrichtung eines Learning Management Systems (LMS) und dessen Konfiguration. Hierbei müssen sowohl infrastrukturelle Fragen (zum Beispiel „Unter welcher URL ist das Angebot erreichbar?“) als auch Datenschutzfragen geklärt werden (zum Beispiel „Welche Daten werden gespeichert?“).

Nachdem die Infrastruktur für die Online-Fortbildung steht, kann im siebten Schritt mit dem Einpflegen der Inhalte begonnen werden. Abhängig von der gewählten Plattform (zum Beispiel Moodle, Ilias) können Videos, Bilder, Texte und interaktive Aufgaben

eingebunden werden, teilweise unter Verwendung zusätzlicher Autorenwerkzeuge wie der freien und offen zugänglichen Software H5P. Da für eine reibungslose Nutzung später technische Spezifikationen wie zum Beispiel die Größe von Videodateien beachtet werden müssen, ist es ratsam, in diesem Schritt die Auseinandersetzung mit dem gewählten System einzuplanen und Schulungen für das Autorenteam durchzuführen.

Der achte Schritt beinhaltet die Pilotierung des Angebots: Zur Qualitätssicherung werden sowohl die Inhalte als auch die technischen Funktionen (Erreichbarkeit, Registrierung) getestet. Abhängig von den Ressourcen kann dies innerhalb des Teams der Entwicklerinnen und Entwickler erfolgen, indem die Rolle einer teilnehmenden Lehrkraft eingenommen wird, durch Critical Friends oder indem ein Test mit Lehrkräften durchgeführt wird.

Im neunten Schritt folgen die Veröffentlichung und der Betrieb. Zu diesem Zeitpunkt verlegt sich der Fokus der Aufgaben von der Entwicklung hin zur Durchführung der Fortbildung. Dazu gehört es, Lehrkräfte für die Fortbildung zu gewinnen, sie zu betreuen und, nachdem die Fortbildung erfolgreich durchlaufen wurde, ihnen ein Zertifikat auszustellen.

Im zehnten Schritt werden unter der Überschrift „Evaluation“ die Effekte der Fortbildung untersucht. Dieser Schritt umfasst sowohl eine summative Evaluation der fertigen Online-Fortbildung als auch eine begleitende (formative) Untersuchung während der Entwicklung. Darüber hinaus erfolgen Untersuchungen, die einen übergeordneten Erkenntnisgewinn zum Ziel haben und sich beispielsweise den kognitiven oder motivationalen Effekten einzelner Fortbildungselemente im Rahmen des Projekts widmen. Diese Untersuchungen müssen nicht zwangsläufig am Ende der Entwicklung durchgeführt werden, sondern können parallel zu den anderen Schritten stattfinden. Dennoch verdeutlicht dieser Schritt, wie wichtig es ist, die Effekte der entwickelten Fortbildung empirisch zu untersuchen. Nicht zuletzt ist diese Untersuchung die Basis für eine Weiterentwicklung der Fortbildung und für die Legitimation des Angebots notwendig.

Das hier vorgestellte Vorgehen in zehn Schritten bietet eine Anleitung, an der man sich bei der Entwicklung digitaler Fortbildungsangebote orientieren kann. Gleichzeitig ermöglicht es, Elemente der eigenen Fortbildung in etablierte Forschungsfelder

einzuordnen. Als wichtigstes Fazit der Erfahrungen in den vorgestellten Projekten lässt sich die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen benennen. Die beschriebenen Schritte verdeutlichen einerseits, dass Expertinnen und Experten aus der Fachdidaktik, die für die Inhalte verantwortlich sind, lernpsychologische Erkenntnisse und technisches Know-how zusammen eine erfolgreiche Fortbildung entstehen lassen. Zum anderen ist die Zusammenarbeit zwischen der Zielgruppe, den Multiplikatorinnen und Multiplikatoren sowie dem Entwicklungsteam hervorzuheben. Die Kooperation verschiedener Disziplinen und im Feld aktiver Personen hat sich als Erfolgsfaktor für die Entwicklung, Implementation und Beforschung digitaler Fortbildungen herausgestellt.

### **Über den Autor:**

Dr. Felix Kapp ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer des IPN. Der Diplom-Psychologe widmet sich in seinen Forschungsarbeiten der Untersuchung von Einflussfaktoren auf technologiegestütztes Lernen. Ein besonderer Fokus seiner Arbeit liegt dabei auf der Identifizierung von Erfolgsfaktoren für Online-Fortbildungen für Lehrkräfte.

## **Mit einfachen Mitteln für die Kleinen Großes bewirken**

*Kerstin Schütte*

Eine Familie sitzt an einer Bushaltestelle. Oder in einem Wartezimmer. Sie betrachtet gemeinsam ein Bild an der Wand und spricht darüber, was auf dem Bild zu sehen ist.

Was ganz alltäglich klingt, bewirkt viel in der Entwicklung von Kindern aus Familien, deren Leben durch Herausforderungen wie Armut und geringe Bildung geprägt ist. Ganz im Sinne der Bremer Initiative zur Stärkung frühkindlicher Entwicklung (BRISE) können Kommunen mit einfachen Mitteln mehr dafür tun, bildungsbenachteiligte Kinder im frühkindlichen und vorschulischen Lebensabschnitt wirksamer in ihrer Entwicklung zu unterstützen. Bilder im öffentlichen Raum, die zum Gespräch anregen, verhelfen bildungsbenachteiligten Kindern zu mehr sprachförderlichen Interaktionen mit ihren Eltern.

Forschungsbefunde wie dieser, den die US-amerikanische Professorin Kathryn Hirsh-Pasek in ihrem begeisternden Hauptvortrag vorstellte, waren die Höhepunkte der Second BRISE Conference on Early Childhood Development, die im vergangenen Jahr vom IPN in Berlin veranstaltet wurde. Gleichermäßen beeindruckend war der Hauptvortrag von Professorin Pauline Slot aus den Niederlanden zum Auftakt zweier anregender Tage. Die Qualität der eingereichten Poster und Vorträge stimmt zuversichtlich für die Zukunft des Forschungsfeldes der frühen Bildung und daraus folgend eine bessere Grundlage für evidenzbasierte politische Steuerung für mehr Chancengerechtigkeit.

Das IPN setzt die Serie der BRISE Conferences im Jahr 2024 am 26. und 27. September fort.

## Mathematikunterricht verbessern

Das vom IPN koordinierte länderübergreifende Programm QuaMath ist gestartet

*Svea Hallemann, Annett Kreuziger, Hans Anand Pant, Susanne Prediger & Christoph Selter*

Nicht einmal die Hälfte der Jugendlichen in Deutschland erreicht im Fach Mathematik die Regelstandards. Ein auf zehn Jahre angelegtes Programm der Kultusministerkonferenz soll nun die fachdidaktische Qualität des Mathematikunterrichts im Primar- und Sekundarbereich nachhaltig verbessern. Planungen gehen davon aus, bis zu 10 000 Schulen im Rahmen des Programms durch eine kohärente, fachbezogene, forschungsbasierte und praxisorientierte Fortbildungsinitiative für die Weiterentwicklung des Mathematikunterrichts zu erreichen. Das IPN koordiniert das Programm Unterrichts- und Fortbildungs-Qualität in Mathematik entwickeln (QuaMath). Wir stellen es hier vor.

Die Unterrichtsqualität entscheidet darüber, welche Lerngelegenheiten Kinder und Jugendliche erhalten. Im Fach Mathematik sollen alle Lernenden zum aktiven Denken angeregt werden und durch Gespräche und Aufgabenbearbeitungen ein mathematisches Verständnis entwickeln. Daher ist es wichtig, den Unterricht zielgerichtet weiterzuentwickeln – an diesem Punkt setzt das Zehnjahres-Programm QuaMath an, das von der KMK gefördert wird und im Januar 2023 offiziell gestartet ist. Das Deutsche Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik, das von der IPN-Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer koordiniert wird, kann auf mehr als zwölf Jahre Erfahrungen in der Entwicklungs- und Professionalisierungsforschung zurückgreifen.

Die Umsetzung des QuaMath-Programms ist in zwei Phasen gegliedert: In den Jahren von 2023 bis 2028 werden die benötigten Strukturen aufgebaut und 400 Multiplikatorinnen und Multiplikatoren qualifiziert, Fortbildungen durchzuführen und die Schulen zu begleiten. Nach der Basisqualifizierung dieser Personen im Schuljahr 2023/24 beginnen die teilnehmenden Schulen vom Schuljahr 2024/25 an in Schulnetzwerken unter der Leitung von Multiplizierenden-Tandems mit den Fortbildungen zu den Basismodulen. Jährlich finden sechs Schulnetzwerktreffen statt. Nach dem gleichen Verfahren werden im zweiten Jahr Vertiefungs- und Inhaltsmodule angeboten. Vom dritten Jahr an können sich die Lehrkräfte durch digitale Module eigeninitiativ und interessengeleitet weiter fortbilden.

In der zweiten Programm-Förderphase in den Jahren von 2028 bis 2033 werden bestehende Strukturen optimiert und die Fortbildungs- und Qualifizierungsmodule nach den gewonnenen Forschungserkenntnissen weiterentwickelt. Insgesamt ist das Programm für zehn Jahre geplant, innerhalb derer 10 000 Schulen erreicht werden sollen.

Unterrichtsqualität wird durch eine Vielzahl von Qualitätsmerkmalen charakterisiert, doch hat es sich in Fortbildungsprojekten als hilfreich herausgestellt, mit wenigen Qualitätsmerkmalen zu arbeiten, die dann kohärent für alle didaktischen Entscheidungen in typischen unterrichtlichen Anforderungssituationen herangezogen werden. Die folgenden fünf QuaMath-Prinzipien werden deshalb allen 27 Modulen zugrunde gelegt:

- Kognitive Aktivierung
- Verstehensorientierung
- Durchgängigkeit
- Lernenden-Orientierung und Adaptivität
- Kommunikationsförderung

QuaMath adressiert sowohl die Unterrichtsebene als auch die Ebenen der Fortbildung für Lehrkräfte und der Qualifizierung für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren. Für alle beteiligten Akteursgruppen der verschiedenen Ebenen (Lehrkräfte, Multiplizierende und Steuernde) bietet QuaMath:

- intensive Professionalisierungsangebote (personale Strategie)
- Unterstützung durch Unterrichts-, Fortbildungs- und Qualifizierungsmaterialien (materiale Strategie) und
- Netzwerkstrukturen zur systemischen Vernetzung und Einbindung (systemische Strategie).

Das gesamte Programm wird durch Entwicklungsforschung auf Fortbildungs- und Qualifizierungsebene sowie Wirkungsforschung auf der Ebene der Lernenden und Lehrkräfte begleitet. Dabei werden unterschiedliche Schwerpunkte je nach Basis-, Vertiefungs- oder Inhaltsmodulen und nach Zielgruppen gesetzt. Ziel ist, programmbegleitend forschungsbasiert, empirisch abgesichertes Erklärungs- und Handlungswissen abzuleiten zu:

- Stand und Bedingungen der Veränderbarkeit der fortbildungsinhaltlichen

- und fortbildungsfachdidaktischen Kompetenz von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren
- Gelingensbedingungen und Wirkungen ausgewählter Design- und Inhaltselemente in Qualifizierungen
- Stand und Bedingungen der Veränderbarkeit der fachdidaktischen Kompetenz von Mathematik-Lehrkräften
- Gelingensbedingungen und Wirkungen ausgewählter Design- und Inhaltselemente in Fortbildungs-/Selbstlernmodulen
- Gelingensbedingungen und Wirkungen von Unterstützungsmaßnahmen für innerschulischen Transfer
- Wirkungen der Maßnahmenbündel mehrerer Ebenen auf didaktische Kompetenz und Unterrichtspraktiken von Lehrkräften
- Wirkungen der Maßnahmenbündel mehrerer Ebenen auf die Kompetenzentwicklung von Lernenden

Komplexe ländergemeinsame Programme wie QuaMath müssen auf der Steuerungsebene intensiv begleitet werden. Innerhalb der Bundesländer arbeiten QuaMath-Landesverantwortliche und Landeskoordinierende für die Primar- und Sekundarstufe eng mit der QuaMath-Gesamtkoordination am IPN zusammen. Die Landeskoordinatorinnen und -koordinatoren wiederum arbeiten in ihren Ländern mit den Multiplikatorinnen und Multiplikatoren des Programms in den Netzwerken entsprechend ihrer Landesstrukturen.

Mit dem Auftakt der Basisqualifizierung für rund 400 Multiplikatorinnen und Multiplikatoren aus 15 Bundesländern im September 2023 ist QuaMath in der Praxis gestartet. Dieses Programm bietet die große Chance, qualitativ nachhaltig die mathematische Schulbildung zu verbessern.

#### **Über die Autorinnen und Autoren:**

Dr. Svea Halleemann ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am IPN in der Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer. Die Soziologin ist stellvertretende Gesamtkoordinatorin des QuaMath-Programms. [halleemann@leibniz-ipn.de](mailto:halleemann@leibniz-ipn.de)

Prof. Dr. Hans Anand Pant ist Direktor der Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer am IPN. In seiner Forschung widmet sich der Psychologe unter anderem Fragen zur

datengestützten Schul- und Unterrichtsentwicklung sowie zu der Validität von Kompetenzmessung im Schul- und Hochschulbereich.

Annett Kreuziger ist Gesamtkoordinatorin für das Programm QuaMath. Auch sie ist Mitarbeiterin am IPN in der Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer. Sie beschäftigt sich seit langem mit Lehrkräfteprofessionalisierung als Fortbildnerin und in der Steuerung.

Prof. Dr. Susanne Prediger ist stellvertretende Direktorin der Abteilung Fachbezogener Erkenntnistransfer am IPN. Die Mathematikdidaktikerin ist unter anderem Vorsitzende Leiterin des DZLM.

Prof. Dr. Christoph Selter ist Professor für Mathematikdidaktik an der Technischen Universität Dortmund und Netzwerkpartner des DZLM-Netzwerks.

## Von Forschenden lernen, selbst zu forschen

Im Profilsseminar in Schleswig-Holsteins Schulen arbeiten Wissenschaft und Bildung eng zusammen

*Hendrik Groß & Almut Macke*

Wie kann man komplexe Forschung für Schülerinnen und Schüler greifbar machen und gleichzeitig ein selbstständiges Erarbeiten wissenschaftlicher Themen ermöglichen?

Dieser Frage widmet sich das Profilsseminar Sensorik und Medizin, welches das IPN in enger Zusammenarbeit mit der Kieler Humboldt-Schule und Forschenden des Sonderforschungsbereichs 1261 Biomagnetic Sensing der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel entwickelt hat. Dabei werden nicht nur wichtige Fähigkeiten außerhalb der Kernfächer erlernt, sondern auch ein Dialog zwischen Forschenden und Schülerinnen und Schülern hergestellt.

Das im Jahr 2021 in Schleswig-Holstein eingeführte Profilsseminar soll Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit geben, eigenständig und projektbasiert Themen außerhalb der Profilmächer zu erkunden. Der Rahmen für die Durchführung des Profilsseminars ist dabei bewusst offengehalten und kann von der Durchführung bis zur Prüfung individuell von Schule und Lehrkraft gestaltet werden. Hierbei wird ein komplexes, fachübergreifendes Thema selbstständig erarbeitet und somit für die Seminarteilnehmenden greifbar. Um dies zu unterstützen, können während des Seminars außerschulische Partner hinzugezogen werden und das Seminar um Workshops, Besuche von Forschungseinrichtungen und Industrie sowie den Dialog mit Expertengruppen bereichert werden. Je nach Festlegung der Schule findet das Profilsseminar über die ersten zwei bis drei Halbjahre der Qualifikationsphase der Oberstufe statt, wobei, über die Halbjahre verteilt, auch mehrere Themenbereiche bearbeitet werden können.

Das Profilsseminar mit dem Titel Sensorik und Medizin entstand aus der engen Zusammenarbeit von IPN, einem Sonderforschungsbereich (SFB) an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) sowie der Kieler Humboldt-Schule. Dort wurde das Seminar in diesem Schuljahr nach Überarbeitung erneut durchgeführt. Nach der ersten Umsetzung flossen Feedback und Wünsche in die Überarbeitung ein.

Ziel des Profilseminars ist es, den Seminarteilnehmenden einen Einblick in die Forschung des Sonderforschungsbereichs 1261 Biomagnetic Sensing zu geben sowie einen Dialog zwischen den im SFB beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und der Schule aufzubauen. So bietet sich für die Forschenden die Möglichkeit, ihre Fachthemen in die Öffentlichkeit zu tragen und zielgruppengerecht zu kommunizieren, während die Schülerinnen und Schüler authentische Einblicke in Forschung und wissenschaftliche Praxis erhalten. Das Seminar – beginnend im ersten Halbjahr der Qualifikationsphase in Jahrgang 12 (bzw. 11 im Fall von G8) – ist in mehrere Phasen unterteilt: In der ersten Phase wird die Verbindung von Schule und Wissenschaft über einen Film hergestellt, der von den am SFB beteiligten Forschenden produziert wurde. Daran schließt ein speziell entwickelter Projekttag in dem von der CAU und dem IPN gemeinsam betriebenen Schülerlabor, der Kieler Forschungswerkstatt, an. Der Übergang zur zweiten Phase ist dabei fließend, wobei die Methoden der Forschungs- und Projektarbeit in der Schule erlernt werden. Dazu stellt der SFB eine zusätzliche Handreichung mit Experimenten zur Verfügung. Das übergreifende Ziel, komplexe Wissenschaft greifbar zu machen, entstand aus der engen Zusammenarbeit mit Forschenden und kann je nach Seminarausrichtung individuell gesetzt werden.

In vier Stationen erlernen und erarbeiten die Schülerinnen und Schüler in dieser Phase selbstständig die Grundlagen von Herzfunktion und -diagnostik sowie die Grundprinzipien der zur Diagnostik verwendeten magnetoelektrischen Sensoren: Piezoelektrizität sowie Magnetostriktion. Erstere beschreibt dabei die Eigenschaft eines Festkörpers, aus Verformung eine elektrische Spannung zu erzeugen; ein magnetostriktives Material wiederum ändert sein Volumen unter Einfluss eines äußeren Magnetfelds. Das Zusammenspiel beider Eigenschaften ermöglicht es, ein durch die Herzaktivität erzeugtes Magnetfeld zu detektieren und hieraus ein Magnetokardiogramm (MKG) zu erzeugen. Auf Basis des Erlernen erhalten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars im vierten Versuchsteil schließlich die Möglichkeit, einen eigenen Sensor zu entwickeln und diesen an einer Messstation zu prüfen. Diese Themen schließen somit an Basiskonzepte der Schulfächer Biologie, Chemie und Physik an, gehen thematisch jedoch darüber hinaus in Richtung heutiger hochrelevanter Forschungsbereiche.

Im Anschluss an den Projekttag steht in der dritten Phase, der Seminarphase, für die meisten Schülerinnen und Schüler des Profilseminars eine anspruchsvolle Aufgabe an: das

Finden einer Forschungsfrage sowie die Entwicklung eines eigenen Projekts zum Thema Sensorik und Medizin. Hierbei gilt es nicht nur, eine relevante und interessante Fragestellung zu finden, sondern auch Fähigkeiten wie Zeitmanagement, Materialbeschaffung, Programmierung und Präsentationstechniken anzuwenden und auszubauen. Basierend auf der durchgeführten Evaluation zeigten sich in dieser Phase die größten Schwierigkeiten.

Nach einer ersten Durchführung des Profilseminars wurde deshalb die Einbindung und Unterstützung von Personen mit Expertise in dem Feld deutlich ausgebaut. So wurden, in Kooperation mit dem Landesprogramm Zukunft Schule im digitalen Zeitalter, zwei Workshops zur von Sensoren mit Mikrocontrollern eingeführt, welche direkt in der Schule stattfanden. Diejenigen, die den Workshop durchgeführt haben, blieben danach für technische Fragen während der Projektbearbeitung für die Schülerinnen und Schüler ansprechbar. Zusätzlich wurde ein vierköpfiges Gremium aus Forschenden des SFB berufen, das die Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung ihrer Forschungsfrage beriet sowie der Lehrkraft bei der fachlichen Bewertung der Projektergebnisse mit einer zweiten Meinung zur Seite stand. Die Beteiligten erhielten weiterhin die Möglichkeit, für Einblicke und Inspiration die Technische Fakultät der CAU zu besuchen.

Das Profilseminar führte zu einer Vielzahl an Projektideen und -ergebnissen, die am Ende des Semesters in der letzten Phase allen Beteiligten vorgestellt wurden. Die Forschungsfragen erstreckten sich hierbei über verschiedenste medizinische und sensorische Themenbereiche wie Hörschutz, Altenpflege, Ergonomie im Alltag, persönliche Schutzausrüstung sowie Hilfen für Menschen mit Behinderungen. Zum Beispiel entstand ein mit Abstandssensor versehener Hut, welcher seinen Träger innerhalb von drei Metern durch ein akustisches Signal vor einer Kollision warnen sollte. Der Hut sollte dabei sowohl zur Unterstützung blinder Menschen als auch in Form eines Helms für Feuerwehrleute, welche sich im Einsatz bei schlechter Sicht orientieren müssen, eingesetzt werden.

Das Profilseminar wird auch zukünftig weiterentwickelt. So fiel es trotz des Angebots vielen Schülerinnen und Schülern schwer, sich bei Fragen an die Expertinnen und Experten von CAU und IPN zu wenden. Ebenso wurde vielfach angemerkt, dass sich die Findung der Forschungsfrage, das Zeitmanagement sowie praktische Projektarbeiten deutlich schwieriger als angenommen gestaltet haben. Für die dritte Iteration des

Profilseminars soll daher erneut Feedback eingearbeitet und ein zweiter Tag in der Kieler Forschungswerkstatt integriert werden – Schülerinnen und Schüler können hier Unterstützung bei der Konstruktion ihrer bereits begonnen Prototypen erhalten. Darüber hinaus würde die Distanz zu der Expertengruppe weiter abgebaut. Die Weiterentwicklungen werden mit einer Fragbogenstudie zum projektorientierten forschenden Lernen wissenschaftlich begleitet.

Alle Beteiligten fanden den direkten Austausch sehr wertvoll. Durch den direkten Dialog und außerschulische Veranstaltungen konnten die Seminarteilnehmenden wichtige Einblicke bekommen und eigene Erfahrungen erproben. Aus Sicht der Lehrkraft bot sich durch die eigenständige Einarbeitung der Schülerinnen und Schüler in das Seminarthema ein neuer Fokus, der eine verstärkte Förderung der Selbstorganisation und Methodenkompetenz ermöglichte.

#### **Über die Autorin und den Autor:**

Dr.-Ing. Hendrik Groß ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Didaktik der Chemie am IPN und im Teilprojekt Öffentlichkeitsarbeit und Bildung (SOP) des Sonderforschungsbereichs 1261 Biomagnetic Sensing tätig. Als Materialwissenschaftler arbeitete er fünf Jahre lang in der Fachforschung und Elektronenmikroskopie und widmet sich seit dem Jahr 2022 der Herausforderung, bei verschiedenen Personengruppen Neugier und Begeisterung für Materialien und Technik zu entfachen.

Almut Macke ist Lehrerin für die Fächer Deutsch, Biologie und MINT und seit zehn Jahren an der Humboldt-Schule in Kiel als Lehrkraft, Fachleiterin Biologie und Ausbildungslehrkraft für Referendarinnen und Referendare tätig. Dabei ist es ihr im Oberstufenunterricht wichtig, Schülerinnen und Schülern während ihrer Schulzeit Kompetenzen zu vermitteln, die die Studierfähigkeit fördern, und aktuelle Forschungsaspekte in den Unterricht zu integrieren.

## Rubrik: Wissenswertes

Deutsche Schülerinnen und Schüler international sehr erfolgreich

Bei der Internationalen ChemieOlympiade (IChO) 2023 in Zürich in der Schweiz errangen die Schülerinnen und Schüler, die Deutschland als Nationalteam vertraten, eine Gold-, eine Silber- und zwei Bronzemedailles. In der inoffiziellen Nationenwertung nach Punkten belegte das deutsche Team damit einen hervorragenden 17. Platz.

Bei der Internationalen BiologieOlympiade (IBO) 2023 brachte das deutsche Nationalteam gleich zwei Gold- und zwei Silbermedailles mit nach Hause. Der Wettbewerb fand in Al Ain in den Vereinigten Arabischen Emiraten statt.

Damit konnte der große Erfolg des deutschen Teams bei der IBO 2022 in diesem Jahr noch einmal gesteigert werden, denn das deutsche Team belegte in der Nationenwertung einen hervorragenden 9. Platz und wurde damit das beste europäische Team

Bei der Internationalen PhysikOlympiade (IPhO) 2023 in Tokio in Japan gewann das deutsche Nationalteam fünf Medaillen, davon eine Silber- und vier Bronzemedailles. In der inoffiziellen Nationenwertung nach Punkten erreichte das deutsche Team damit Platz 25 von 82 Ländern und gehört damit zum besten Viertel der 41 teilnehmenden europäischen Nationen.

Bei der International Junior Science Olympiade (IJSO), dem jüngsten Mitglied in der Reihe der Science Olympiaden, gewann das deutsche Schülerteam im Dezember 2023 in Bangkok in Thailand zwei Bronze-, drei Silber- und eine Goldmedaille.

Insgesamt zwei Hauptpreise, die höchste BUW-Preiskategorie, wurden an Projekte aus Baden-Württemberg und Bayern verliehen. Zehn Sonderpreise, die zweithöchste Auszeichnung im Wettbewerb, erhielten Projekte aus Baden-Württemberg, Bayern und Bremen. Zur 33. BUW-Runde wurden insgesamt 247 Projektarbeiten von 655 Jugendlichen und jungen

Erwachsenen im Alter zwischen zehn und zwanzig Jahren eingereicht. Die eingereichten Wettbewerbsbeiträge zeigten auch in dieser Wettbewerbsrunde, dass es viele junge engagierte Menschen gibt, die daran interessiert sind, sich innovativen Projekten mit wichtigen und aktuellen Themen zu nachhaltiger Entwicklung und Umweltschutz zu widmen,

wie beispielsweise zu Klimawandel, Ressourceneinsparung, Arten- und Gewässerschutz sowie zu künstlicher Intelligenz.

Der MaLeMINT-Aufgabenkatalog ist nun über Online-Plattform für Studieninteressierte in Schleswig-Holstein zugänglich

Um den Übergang von der Schule in ein MINT-Studium, d. h. ein Studium im Bereich der Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik, zu erleichtern, ermittelten Schulen und Hochschulen in Schleswig-Holstein in einem zweijährigen Kooperationsprozess die mathematischen Lernvoraussetzungen für diese Studiengänge. Der aus diesem Prozess entstandene Aufgabenkatalog geht auf die MaLeMINT-Studien des IPN zurück. Vor kurzem hat die Fachhochschule (FH) Kiel diesen Aufgabenkatalog digitalisiert. Studieninteressierte können ihn nun online für Selbsttests und Trainingszwecke nutzen, Mathematiklehrkräfte der allgemeinbildenden und beruflichen Schulen für den Unterricht. Finanziert wurde das Projekt aus Mitteln des Digitalisierungsprogramms 3.0 der Landesregierung Schleswig-Holsteins.

Rund 70 MINT-Studiengänge werden an Schleswig-Holsteins Hochschulen angeboten. Wer Schiffbau und maritime Technik an der FH Kiel, Molecular Life Science an der Uni Lübeck oder Energiewissenschaften an der HS Flensburg studieren möchte, kann von jetzt an online testen, ob die eigenen Mathematikkenntnisse für das Wunsch-Studium ausreichen. Rund eine Stunde dauert der anonyme Check-up-Test, mit dem die Nutzerinnen und Nutzer eine detaillierte Rückmeldung zu ihrer Mathematikkompetenz erhalten. Und nicht nur das. Mit Hilfe der Trainings können sich die Studieninteressierten gezielt auf das von ihnen gewählte MINT-Studium an ihrer Wunsch-Hochschule in Schleswig-Holstein vorbereiten und Wissenslücken vor Studienbeginn schließen. Wer gar nicht genug bekommt, kann sich im Rahmen der sogenannten Challenge auch den gesamten Fragenkatalog und damit 320 Aufgaben vornehmen und den MINT-relevanten Schulstoff der Sekundarstufe I und II wiederholen.

Für Mathematik-Lehrkräfte richtete die Fachhochschule Kiel ein Portal ein, um ihnen eine gezielte Unterstützung bei der Studienorientierung und -vorbereitung der Abschlussklassen zu ermöglichen. So kann auch der Mathematikunterricht in den Schulen von der Online-Plattform profitieren.

## Aktuelle Impulse, Stellungnahme und Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz

Als unabhängiges wissenschaftliches Beratungsgremium berät die Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) seit dem Jahr 2021 die Kultusministerkonferenz zu bildungspolitischen Fragen. Der SWK gehören 16 Bildungsforscherinnen und Bildungsforscher aus unterschiedlichen Disziplinen an, darunter auch der Geschäftsführende Wissenschaftliche Direktor des IPN Prof. Dr. Olaf Köller, der die Kommission als Co-Vorsitzender gemeinsam mit Prof. Dr. Felicitas Thiel, Professorin für Schulpädagogik und Schulentwicklungsforschung an der Freien Universität Berlin, leitet. In vergangener Zeit hat die SWK neben einer Stellungnahme und einem Impulspapier auch ein Gutachten veröffentlicht, in der sie umfassende Handlungsempfehlungen zu aktuellen bildungspolitischen Fragen gab.

Ende vergangenen Jahres legte die SWK ein umfangreiches Gutachten zum Thema Lehrkräftegewinnung und Lehrkräftebildung für einen hochwertigen Unterricht vor. Darin empfiehlt die Kommission eine wissenschaftsbasierte Lehrkräftebildung in Studium und Vorbereitungsdienst, in der Wissen und Fähigkeiten schrittweise aufgebaut werden. Dafür ist laut Kommission die Entwicklung eines Curriculums nötig, das stärker als bisher Inhalte aus Studium und Vorbereitungsdienst mit Fort- und Weiterbildungen verbindet und somit ein strukturiertes Qualifikationssystem schafft. Zentral sind dabei neben den Kompetenzen im Fach und der Fachdidaktik auch Querschnittsthemen wie der Umgang mit Heterogenität sowie gute Lernangelegenheiten im Studium und in den Praxisphasen. Auch die Ausbildung von Personen ohne klassisches Lehramtsstudium (Quereinsteigerinnen und Quereinsteiger) soll wissenschaftsbasiert erfolgen. Konkret empfiehlt die SWK, dass etwa Fachstudierende oder Berufswechslerinnen und -wechsler ein Masterstudium in einem Unterrichtsfach mit anschließendem Vorbereitungsdienst absolvieren. Dieser zweite Weg ins Lehramt soll die zahlreichen Sondermaßnahmen in den Ländern ablösen.

Ende Januar 2024 folgte dann eine Stellungnahme der SWK zum Umgang mit dem akuten Lehrkräftemangel. Die Empfehlungen konzentrieren sich einerseits darauf, das Potenzial qualifizierter Lehrkräfte auszuschöpfen, etwa Teilzeitarbeit befristet zu begrenzen, pensionierte Lehrkräfte einzusetzen und Lehrerinnen und Lehrer von Aufgaben jenseits des Unterrichts zu entlasten. Andererseits hält die SWK es für möglich, den Lehrkräftebedarf unter bestimmten Bedingungen zu senken. Die Kommission empfiehlt dafür u. a. die

Ausweitung von Hybridunterricht und Selbstlernzeiten in höheren Klassenstufen sowie den flexiblen Umgang mit Klassengrößen ab der Sekundarstufe I. Die Kommission betont, dass es sich hierbei um Notmaßnahmen handelt, die zeitlich befristet sein müssen. Langfristig sind neue Formen der Unterrichtsorganisation und der Ausbildung sowie Gewinnung von Lehrkräften notwendig.

Ebenfalls im Januar 2024 legte die SWK ein Impulspapier zum lernförderlichen Einsatz von Large Language Models, also Chat GPT und Co, und deren Potenzial im Bildungssystem vor. Sie gibt darin Anregungen für den Einsatz solcher KI-Technologien im Unterricht und liefert Impulse für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben sowie für die bildungspolitische Diskussion. An dem Impulspapier haben einschlägige wissenschaftliche Expertinnen und Experten für den Einsatz künstlicher Intelligenz (KI) in Bildungsprozessen mitgewirkt. Insgesamt kommt die Kommission zu der Einschätzung, dass Large Language Models großes Potenzial für das Lernen haben und Lehrkräfte bei der Unterrichtsvorbereitung unterstützen können. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass Lehrkräfte für den Einsatz der Tools qualifiziert sind. Zudem sollte, so die Kommission, die Hauptverantwortung beim Einsatz von KI zum Beispiel bei der Aufgabenerstellung oder der Beurteilung von Leistungen stets in menschlicher Hand bleiben. Um dies zu gewährleisten, benötigen sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Lehrkräfte Kenntnisse zur Funktionsweise der KI und müssen die generierten Ergebnisse kritisch bewerten können. Ferner plädiert die SWK dafür, Large Language Models erst gegen Ende der Sekundarstufe I einzusetzen. In der Grundschule steht der Aufbau basaler Lese- und Schreibkompetenzen im Fokus. Der Einsatz digitaler Schreib-Tools kann in den ersten Jahren der weiterführenden Schule beginnen, die Verwendung von KI sollte jedoch eng begleitet werden. Ihr regelmäßiger Einsatz als Schreibunterstützung kann ab der achten Jahrgangsstufe erfolgen, während weiterhin auch Texte ohne KI erstellt werden.

Sinkende Leistungen in Mathematik, Lesen und Naturwissenschaften: PISA 2022 offenbart geringere Kompetenz bei 15-jährigen als zuvor

Die Jugendlichen in Deutschland schneiden in Mathematik, im Lesen und in den Naturwissenschaften deutlich schlechter ab als noch im Jahr 2018. Dies zeigten die Ergebnisse der aktuellen PISA-Studie (Programme for International Student Assessment), die im Dezember veröffentlicht wurden. Rund ein Drittel der getesteten 15-Jährigen hat in mindestens einem der drei Bereiche nur sehr geringe Kompetenzen. Die Ergebnisse

bestätigen einen Abwärtstrend, der sich in den vorherigen PISA-Studien bereits angedeutet hatte. Die Jugendlichen erreichen in Mathematik und Lesen nur noch das Durchschnittsniveau der OECD-Staaten. Lediglich in den Naturwissenschaften liegen ihre Ergebnisse weiterhin darüber.

Die PISA-Studie untersucht regelmäßig, wie gut 15-jährige Schülerinnen und Schüler gegen Ende ihrer Pflichtschulzeit alltagsnahe Aufgaben in Mathematik, im Lesen und in den Naturwissenschaften lösen können. Die aktuelle Studie, die von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) koordiniert und in Deutschland vom Zentrum für internationale Vergleichsstudien (ZIB) an der Technischen Universität München (TUM) geleitet wird, wurde im Frühjahr 2022 durchgeführt. Es war die achte PISA-Runde.

Nach der ersten PISA-Studie 2000 hatte Deutschland seine Ergebnisse zunächst verbessern und auf hohem Niveau halten können. In den letzten PISA-Runden hatte sich allerdings ein Abwärtstrend angedeutet. Die Ergebnisse in Mathematik und Naturwissenschaften liegen nun unter dem Niveau der PISA-Studien der 2000er Jahre, als Mathematik (PISA 2003) und Naturwissenschaften (PISA 2006) jeweils zum ersten Mal vertieft untersucht wurden. Beim Lesen entsprechen die Ergebnisse in etwa der PISA-Studie 2000, als Lesen erstmals Studienschwerpunkt war.

Nur sehr wenige OECD-Staaten konnten zwischen 2018 und 2022 Teile ihrer Ergebnisse verbessern, darunter beispielsweise Japan im Lesen und in den Naturwissenschaften sowie Italien, Irland und Lettland in den Naturwissenschaften. In Mathematik haben die Jugendlichen in Japan und Korea im Schnitt die höchsten Kompetenzen. Im Lesen stehen Irland, Japan, Korea und Estland an der Spitze. In den Naturwissenschaften erreichen Japan, Korea, Estland und Kanada die besten Werte.

Bei der achten PISA-Studie wurden in Deutschland die Kompetenzen von rund 6100 repräsentativ ausgewählten 15-jährigen Schülerinnen und Schülern an rund 260 Schulen aller Schularten getestet. Zudem wurden die Jugendlichen zu ihren Lernbedingungen und Einstellungen sowie ihrer sozialen Herkunft befragt. Schulleiterinnen und -leiter, Lehrkräfte und Eltern beantworteten Fragen zu Gestaltung und Ressourcen des Unterrichts sowie zur Rolle des Lernens in der Familie. Weltweit nahmen rund 690 000 Schülerinnen und Schüler

an der Studie teil. In jeder PISA-Studie wird ein bestimmter Bereich intensiver unter die Lupe genommen, diesmal war es die Mathematik.

Der deutsche Teil der Studie wird im Auftrag der Kultusministerkonferenz und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vom ZIB geleitet, an dem neben der TUM das Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (DIPF) und das Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) beteiligt sind.

Entsprechend der im Test erreichten Punktzahlen ordnet die Studie den Schülerinnen und Schülern sechs Kompetenzstufen zu. Jugendliche, deren Kompetenzen nicht über der Kompetenzstufe eins liegen, benötigen zusätzliche Förderung, um eine berufliche oder weitere schulische Ausbildung bewältigen und an allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens teilhaben zu können. Rund ein Drittel der 15-Jährigen hat in mindestens einem der drei getesteten Felder nur dieses sehr geringe Kompetenzniveau erreicht. Circa jeder sechste Jugendliche hat in allen drei Bereichen deutliche Defizite. Die Anteile dieser besonders leistungsschwachen Jugendlichen sind seit 2018 größer geworden und betragen in Mathematik rund 30%, in Lesen rund 26% und in den Naturwissenschaften rund 23%.

Auf der anderen Seite des Spektrums befinden sich die besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler. In Mathematik ist ihr Anteil auf rund 9% und im Lesen auf rund 8% gesunken. In den Naturwissenschaften blieb dieser Anteil bei rund 10% stabil.

Als wichtigste Konsequenzen aus den PISA-Ergebnissen empfehlen die an PISA beteiligten Bildungsforscherinnen und -forscher:

- eine systematische Diagnose und Förderung von Sprach- und Lesekompetenz von der Vorschule bis zum Sekundarbereich
- eine kontinuierliche Weiterentwicklung des Unterrichts und den Einbezug digitaler Medien
- eine bedarfsorientierte Ressourcenzuwendung, um die Ausstattung von Schulen zu verbessern, die vermehrt Kinder und Jugendliche aus sozioökonomisch benachteiligten Familien und mit Zuwanderungshintergrund unterrichten

## **Impressum**

IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik

Olshausenstraße 62, 24118 Kiel

Postanschrift: IPN, 24098 Kiel

E-Mail: [info@leibniz-ipn.de](mailto:info@leibniz-ipn.de) [www.leibniz-ipn.de](http://www.leibniz-ipn.de)

### **Vertreten durch das Direktorium:**

Prof. Dr. Olaf Köller, Geschäftsführender Wissenschaftlicher Direktor

Mareike Bierlich, Geschäftsführende Administrative Direktorin

Prof. Dr. Ute Harms, Direktorin

Prof. Dr. Aiso Heinze, Direktor

Prof. Dr. Oliver Lüdtke, Direktor

Prof. Dr. Knut Neumann, Direktor

Prof. Dr. Hans Anand Pant, Direktor

Prof. Dr. Ilka Parchmann, Direktorin

### **Redaktion:**

David Drescher, Mareike Müller-Krey, Knut Neumann, Ute Ringelband

[ipnjournal@leibniz-ipn.de](mailto:ipnjournal@leibniz-ipn.de)

Telefonnr. 0431 880 - 31 22

### **Lektorat / Korrektur:**

Kristina Langhof, Johanna Touoda

### **Erscheinungsweise:**

Das IPN Journal erscheint digital.

ISSN-Nr.:

2511-9109

Jetzt für das e-Abo anmelden: <https://www.leibniz-ipn.de/de/das-ipn/aktuelles/journal-epaper-abo>

Oder schicken Sie eine kurze E-Mail an:

[ipnjournal@leibniz-ipn.de](mailto:ipnjournal@leibniz-ipn.de)

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