DE G

2026 34 3

MITTEILUNGEN DER DEUTSCHEN MATHEMATIKER-VEREINIGUNG

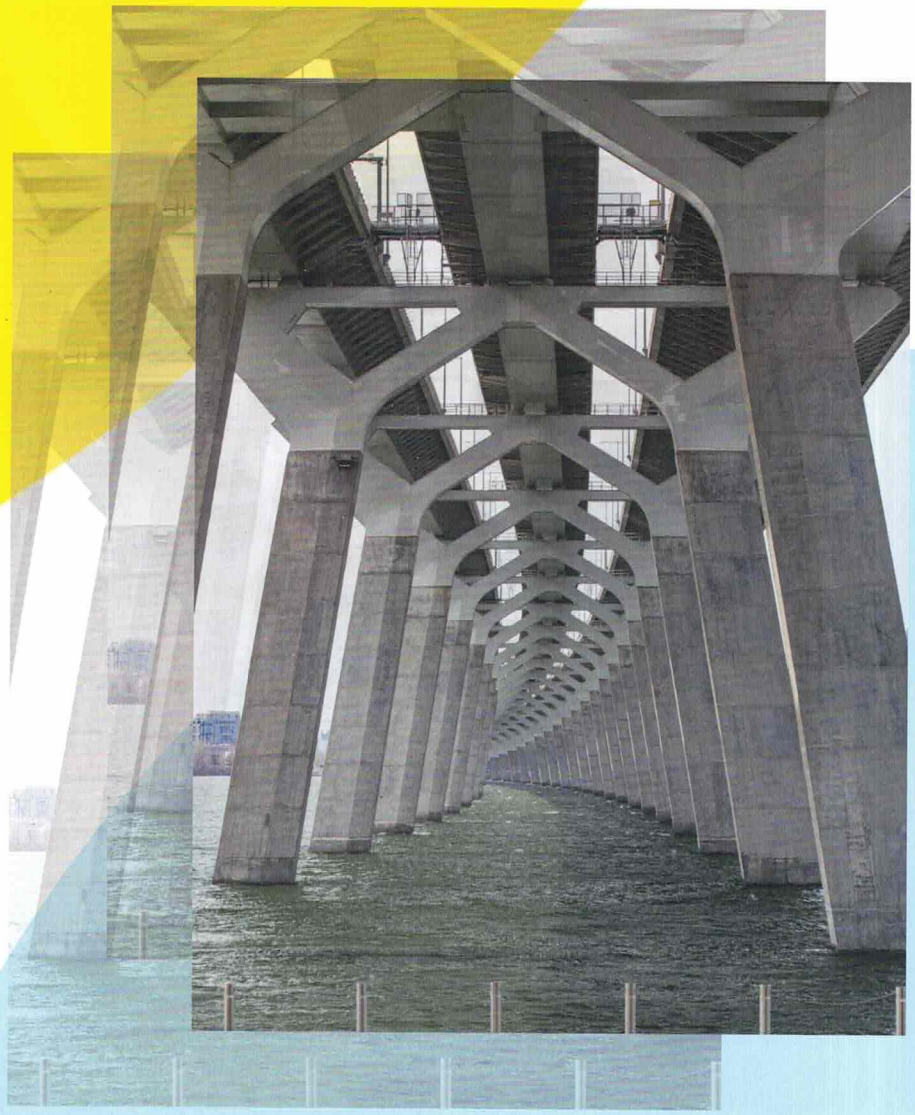


ILLUSTRATION ALS MATHEMATISCHE FORSCHUNGSTECHNIK

KI-TUTOR IM ONLINE-MATHEMATIK-BRÜCKENKURS

DAS GESCHEITERTE HABILITATIONSVERFAHREN VON FELIX POLLACZEK

KI-Tutor im Online-Mathematik-Brückenkurs OMB+

Volker Bach, Ghislain Fourier, Ingenuin Gasser, Aloys Krieg und Ruedi Seiler

Der Online-Mathematik-Brückenkurs OMB+ unterstützt Studieninteressierte beim Übergang von der Schule zur Hochschule, Schülerinnen und Schüler in der gymnasialen Oberstufe und Studierende im ersten Studienjahr. Mit der Integration eines KI-Tutors wird dieses Angebot um eine jederzeit verfügbare Unterstützung erweitert. Im Unterschied zu allgemeinen KI-Systemen wie ChatGPT ist er in eine qualitätsgesicherte mathematische Lernumgebung eingebettet und nutzt Kursmaterialien als fachliche Grundlage. In sokratischen Dialogen lenkt der KI-Tutor Lernende auf die selbstständige Lösung der mathematischen Probleme hin. Dieser Beitrag beschreibt Motivation, didaktisches Konzept, technische Grundideen, Datenschutzaspekte sowie erste Überlegungen zu Betrieb und Kosten.

Einleitung

Der Übergang von der Schule zur Hochschule ist für viele Studienanfängerinnen und Studienanfänger in WiMINT-Fächern mit erheblichen mathematischen Herausforderungen verbunden. Unterschiedliche Vorkenntnisse, verschiedene Schulcurricula, lange Pausen zwischen Schulabschluss und Studienbeginn sowie Unsicherheiten im Umgang mit mathematischer Sprache und Formalisierung führen dazu, dass gerade die ersten Wochen eines Studiums als besonders schwierig erlebt werden.

Der Online-Mathematik-Brückenkurs OMB+ wurde entwickelt, um diesen Übergang zu unterstützen. Er bietet Studieninteressierten und Studienanfängerinnen und Studienanfängern die Möglichkeit, zentrale mathematische Grundlagen selbstständig aufzufrischen und zu vertiefen. Der Kurs verbindet erklärende Texte, interaktive Visualisierungen, Trainingsaufgaben, Tests und ein Tutoringsystem. Er ist aus einer hochschulübergreifenden Kooperation hervorgegangen und wird heute von zahlreichen Hochschulen empfohlen oder eingesetzt.

Mit der rasanten Entwicklung großer Sprachmodelle stellt sich nun eine neue Frage: Wie kann künstliche Intelligenz sinnvoll in einen solchen mathematischen Brückenkurs integriert werden? Viele Lernende verwenden ChatGPT oder ähnliche Systeme, um mathematische Fragen zu stellen, Lösungswege zu prüfen oder sich Begriffe erklären zu lassen. Derartige allgemeine KI-Systeme sind jedoch für die mathematische Lehre nur eingeschränkt geeignet. Sie kennen den konkreten Kurskontext nicht, verwenden möglicherweise andere Notationen als im Kurs, geben zu schnell vollständige Lösungen aus oder produzieren gelegentlich fehlerhafte Rechnungen und irreführende Erklärungen. Gerade in der Mathematik können solche Fehler das Vertrauen in ein Lernsystem schnell beschädigen. Vor diesem Hintergrund wurde ein KI-Tutor in den Online-Mathematik-Brückenkurs OMB+ integriert, der diese Nachteile vermeiden soll. Er bietet eine zusätzliche, jederzeit verfügbare Unterstützung, die eng an den Kurs, die jeweils bearbeitete Aufgabe und die didaktischen Prinzipien des aktiven Lernens gebunden ist. Dadurch entsteht eine neue Form der Betreuung, deren Nutzung, Akzeptanz und Wirkung auf den Lernerfolg nun systematisch beobachtet werden können.

Warum ein KI-Tutor, wenn es doch ChatGPT gibt?

Mit Blick auf die fast uneingeschränkte Verfügbarkeit allgemeiner KI-Systeme für die Lernenden stellt sich die Frage nach der Notwendigkeit eines eigenen KI-Tutors. Der entscheidende Unterschied des KI-Tutors zu allgemeinen KI-Systemen liegt im Kontext.

Ein allgemeines Sprachmodell beantwortet eine Frage auf der Grundlage seines allgemeinen Trainingswissens und der im Chat gegebenen Informationen. Es weiß aber nicht automatisch, an welcher Stelle des OMB+ sich eine lernende Person gerade befindet, welche Definitionen und Sätze im Kurs eingeführt wurden, welche Notation verwendet wird und welche konkrete Variante einer randomisierten Trainingsaufgabe gerade angezeigt wird. Gerade diese Informationen sind jedoch für eine didaktisch sinnvolle mathematische Unterstützung wesentlich.

Der KI-Tutor im OMB+ ist daher nicht bloß ein Chatbot, sondern tief in die Kursumgebung eingebettet. Er kann auf Kursmaterialien zugreifen, die aktuelle Position im Kurs berücksichtigen und die gerade bearbeitete Aufgabe in seine Antworten einbeziehen. Technisch gesprochen wird das Sprachmodell durch ein *Retrieval-Augmented-Generation*-System unterstützt: Relevante Informationen aus dem Kurs werden zur jeweiligen Anfrage herangezogen, sodass Antworten am geprüften Kursmaterial orientiert sind.

Dies hat folgende Vorteile. Erstens verwendet der KI-Tutor dieselbe Terminologie und Notation wie der Kurs.

DOI 10.1515/dmvm-2026-0055



Antwort des KI-Tutors zum Vergleich mit ChatGPT

Zweitens kann er Lernende auf passende Stellen im Kurs verweisen, etwa auf Definitionen, Sätze, Beispiele oder erklärende Texte. Drittens wird die Gefahr reduziert, dass ein allgemeines Sprachmodell eine zwar plausibel klingende, aber nicht zum Kurs passende, eine mathematisch fragwürdige oder sogar eine falsche Antwort erzeugt.

Unterstützung durch sokratischen Dialog

Ein zentrales didaktisches Prinzip des KI-Tutors ist der sokratische Dialog. Ein Tutor soll nicht einfach die Lösung einer Aufgabe ausgeben. Stattdessen soll er Lernende durch geeignete Fragen, Hinweise und Teilüberlegungen auf einen Lösungsweg führen.

Dies ist besonders wichtig, weil mathematisches Lernen nicht darin besteht, möglichst schnell eine fertige Antwort zu erhalten. Wer eine vollständige Lösung zu früh sieht, verpasst oft den entscheidenden Lernschritt: das Erkennen der relevanten Begriffe, die Wahl einer geeigneten Methode, die Durchführung der Rechnung und die kritische Prüfung des Ergebnisses. Ein guter Tutor unterstützt daher nicht nur beim Ergebnis, sondern vor allem beim Denkprozess.

Der KI-Tutor kann zum Beispiel fragen, welche Definition auf eine Aufgabe anwendbar ist, welche Umformung als Nächstes sinnvoll wäre oder woran man erkennt, ob ein bestimmter Lösungsansatz passt. Wenn ein Lernender nicht weiterkommt, kann der KI-Tutor einen kleinen Hinweis geben. Reicht dieser nicht aus, kann ein weiterer, konkreterer Hinweis folgen. So entsteht ein gestufter Unterstützungsprozess, der aktives Lernen und Verständnis fördert.

Der sokratische Charakter ist auch aus einem weiteren Grund wichtig: Er fördert selbstreguliertes Lernen. Lernende sollen nicht nur eine einzelne Aufgabe lösen, sondern zunehmend besser einschätzen können, wo ihre Schwierigkeiten liegen, welche Strategien ihnen helfen und wie sie mathematische Probleme selbstständig strukturieren können. Der KI-Tutor kann dabei helfen, indem er Fragen stellt, Zwischenschritte sichtbar macht und Lernende dazu anregt, ihre eigenen Überlegungen zu formulieren.

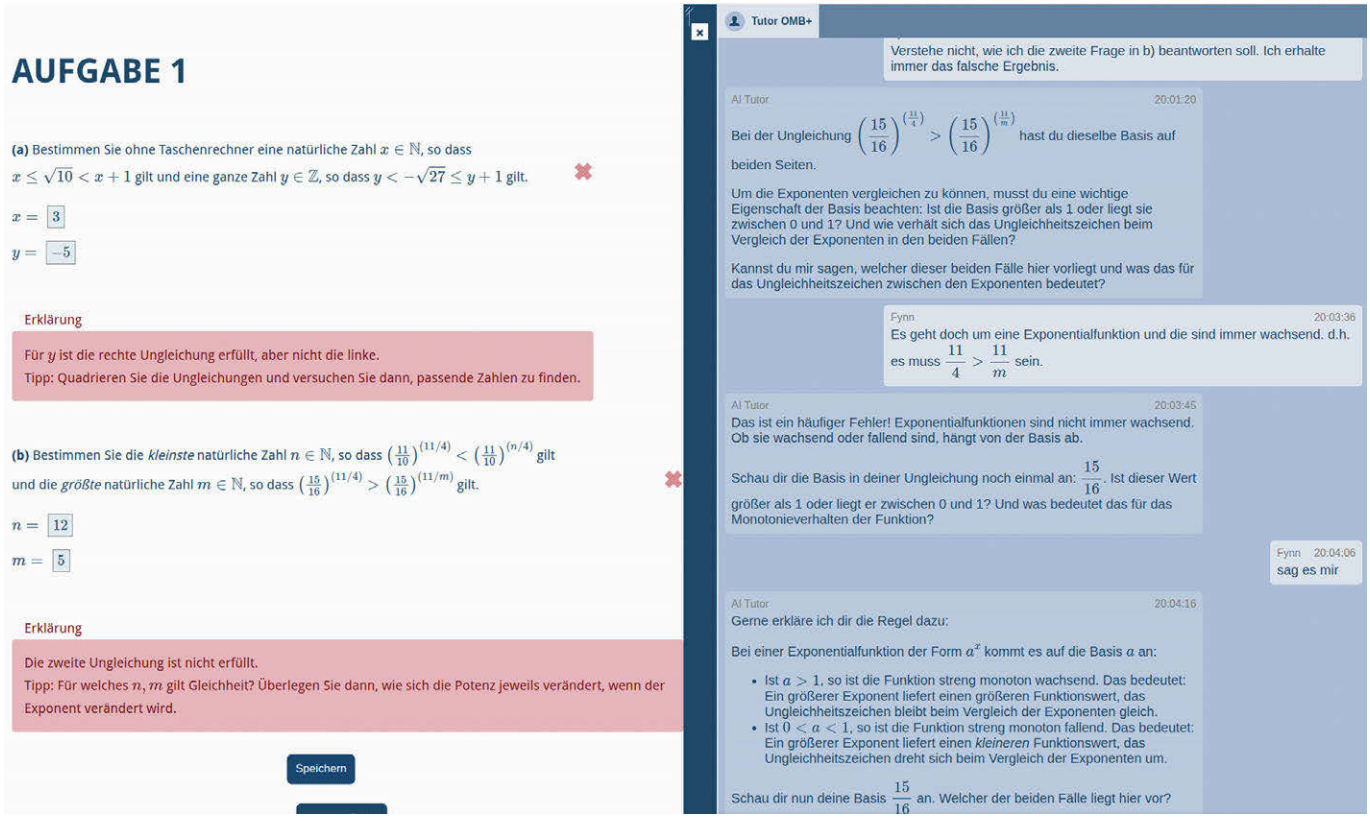
Kontextsensitivität bei personalisierten Aufgaben

Viele Trainingsaufgaben im OMB+ sind randomisiert oder werden zufällig aus einem Aufgabenpool gezogen. Das bedeutet, dass Lernende nicht alle dieselbe Aufgabe erhalten. Dies ist didaktisch wertvoll, weil dadurch das wiederholte Üben eines Aufgabentyps ermöglicht wird.

Für einen KI-Tutor stellt diese Personalisierung jedoch eine besondere Herausforderung dar. Er muss wissen, welche konkrete Aufgabenvariante gerade vorliegt. Wenn der KI-Tutor gefragt wird: „Ich komme bei Teil b) nicht weiter“, reicht es nicht aus, die allgemeine Aufgabenidee zu kennen. Der Tutor muss wissen, welche Aufgabe gerade bearbeitet wird, und darüber hinaus muss er die aktuell vorliegende Version der Aufgabe kennen.

Genau hier liegt ein wesentlicher Vorteil der tiefen Integration in den Kurs. Der KI-Tutor kennt den Kontext der bearbeiteten Aufgabe. Wird durch einen Klick eine neue Variante einer Trainingsaufgabe erzeugt, kann der Tutor diesem Wechsel folgen und sich auf die neue Aufgabenvariante beziehen.

Dadurch wird der Tutor für Lernende deutlich nützlicher als ein allgemeines KI-System, dem man die Aufgabe erst vollständig kopieren oder beschreiben müsste. Zugleich verringert sich die Wahrscheinlichkeit von Missverständnissen, weil der Tutor nicht raten muss, auf welchen Aufgabentext sich die Frage bezieht. Auch ein Screenreader würde das Problem nicht zuverlässig lösen, weil der KI-Tutor nicht genau wissen kann, welchen Teil des Bildschirms er verwenden soll und seine Antwort nicht reproduzierbar wäre.



Beispiel eines sokratischen Dialogs

Orientierung im Kurs und Unterstützung beim Zertifikat

Ein weiterer Vorteil des integrierten KI-Tutors besteht darin, dass er den Kurs als Ganzes kennt. Lernende fragen nicht nur nach einzelnen Aufgaben, sondern auch nach Begriffen, Definitionen, Sätzen oder Zusammenhängen. Der Tutor kann dann nicht nur eine Erklärung geben, sondern auch darauf hinweisen, wo im Kurs das entsprechende Konzept behandelt wird.

Dies ist besonders hilfreich in einem umfangreichen Brückenkurs. Wer sich auf ein Zertifikat vorbereitet oder gezielt Lücken schließen möchte, muss wissen, welche Inhalte relevant sind und wo sie zu finden sind. Der KI-Tutor kann Lernende dabei unterstützen, sich im Kurs zu orientieren, passende Abschnitte zu finden und den eigenen Lernweg zu strukturieren.

Der durch den Mindestanforderungskatalog 3.0 (2021) der baden-württembergischen COSH-Gruppe definierte klare inhaltliche Rahmen des Brückenkurses OMB+ ist ein wertvoller Pluspunkt. Der Kurs orientiert sich an den mathematischen Anforderungen für den Übergang von der Schule in ein WiMINT-Studium. Der Gegenstandsbereich ist daher nicht beliebig offen, sondern didaktisch und curricular eingegrenzt. Ein KI-Tutor kann in einem solchen Umfeld wesentlich kontrollierter und zielgerichteter eingesetzt werden als in einem völlig offenen mathematischen Chat.

Für besonders interessierte Lernende kann der Tutor auch über das unmittelbar im Kursmaterial Enthaltene hinausgehende Fragen beantworten. Solche Fragen beantwortet der KI-Tutor souverän, stellt aber klar, dass dies über den Inhalt des Brückenkurses hinausgeht. Gerade diese Unterscheidung ist wichtig, um Verlässlichkeit und Offenheit miteinander zu verbinden.

Nutzung durch Lernende und Verhältnis zum menschlichen Tutoring

Der Brückenkurs OMB+ verfügt bereits seit vielen Jahren über ein etabliertes Tutoringsystem. Menschliche Tutorinnen und Tutoren unterstützen Lernende über Chat und Telefon. Diese Betreuung ist ein wichtiger Bestandteil des Kurses, denn mathematische Lernprozesse sind individuell und profitieren von persönlichem Austausch.

Mit dem KI-Tutor tritt nun eine weitere Form der Unterstützung hinzu. Sein besonderer Vorteil liegt in der ständigen Verfügbarkeit. Lernende können zu jeder Tages- und Nachtzeit Fragen stellen, auch am Wochenende oder in intensiven Lernphasen kurz vor Studienbeginn, wenn der Unterstützungsbedarf besonders hoch ist.

Hinzu kommt überraschenderweise eine psychologische Komponente. Viele Lernende haben Hemmungen, vermeintlich dumme Fragen an eine menschliche Tutorin oder einen menschlichen Tutor zu stellen. Gegenüber ei-



Fragen zum Kursinhalt

nem KI-System kann diese Hemmschwelle geringer sein. Gerade in einem Brückenkurs, in dem Unsicherheiten und Lücken im Vorwissen normal sind, kann dies eine wichtige Rolle spielen. Wer sich traut zu fragen, bleibt im Lernprozess.

Im OMB+ werden Lernende nicht gezwungen, auf den KI-Tutor zuzugreifen. Es wird auch die Möglichkeit angeboten, mit einer menschlichen Tutorin oder einem menschlichen Tutor Kontakt aufzunehmen. Die ersten Erfahrungen weisen aber darauf hin, dass die Lernenden dem Medium KI-Tutor sehr offen gegenüberstehen.

Welche Form der Unterstützung Lernende bevorzugen, wird sich im praktischen Einsatz zeigen. Erste Erfahrungen deuten darauf hin, dass der KI-Tutor deutlich stärker nachgefragt wird als die klassische Betreuung durch menschliche Tutorinnen und Tutoren. Ob diese stärkere Nutzung auch zu einem besseren oder möglicherweise andersartigen Lernerfolg führt, bleibt jedoch noch offen. Diese Frage soll Gegenstand einer begleitenden Untersuchung sein.

Betrieb und Kostenmodell

Der Betrieb eines integrierten KI-Tutors ist eine didaktische, technische und vor allem organisatorische Herausforderung. Durch den Einsatz mehrerer Large-Language-Modelle (LLMs) entstehen laufende Betriebskosten für die Modellnutzung, die Serverinfrastruktur und das Monitoring. Diese Kosten werden maßgeblich vom Nutzungsverhalten der Lernenden sowie der Preispolitik der Anbieter bestimmt. Da sich der KI-Tutor noch nicht lange im Regelbetrieb befindet, liegen aktuell noch keine verlässlichen Daten zum tatsächlichen Nutzungsverhalten vor. Zudem bleibt die künftige Kostenentwicklung in der schnelllebigen KI-Branche schwer absehbar; zuletzt sanken zwar die Preise für die Nutzung der LLMs, während die Kosten für Serverkapazitäten stiegen.

Eine vorläufige Abschätzung der Betriebskosten für den Brückenkurs OMB+ auf der Grundlage der Nutzung des Call-Centers in den letzten Jahren zeigt jedoch, dass die Betriebskosten ungefähr dem finanziellen Aufwand einer Tutorenstelle mit 60 Arbeitsstunden pro Monat entsprechen, wobei wir noch einmal auf die genannten Unsicherheiten hinweisen.

Die Beobachtung des Nutzungsverhaltens und damit einhergehend der Betriebskosten gehört zu den wichtigen Aufgaben für die nächste Zeit.

Qualitätssicherung und Datenschutz

Der Einsatz von KI in der mathematischen Bildung verlangt besondere Sorgfalt.

Mathematische Aussagen sind nicht bloß sprachliche Formulierungen; sie stellen zugleich einen sehr hohen Anspruch an fachliche und sprachliche Korrektheit. Eine überzeugend klingende, aber falsche Rechnung ist in einem Lernkontext sehr problematisch. Sie kann Fehlvorstellungen verstärken und das Vertrauen in digitale Lernangebote beschädigen.

Deshalb ist die Einbettung des KI-Tutors in ein qualitätsgesichertes Kursumfeld entscheidend. OMB+ enthält geprüfte mathematische Inhalte, Aufgaben, Erklärungen und Rückmeldungen. Der Tutor soll sich an diesen Materialien orientieren und seine Antworten möglichst aus dem Kurskontext heraus entwickeln. Dies reduziert nicht alle Risiken, schafft aber eine deutlich bessere Grundlage als ein ungebundener Dialog mit einem allgemeinen Sprachmodell.

Neben der sprachlichen und fachlichen Qualität spielt der Datenschutz eine zentrale Rolle. Bei der Nutzung

eines KI-Tutors entstehen sensible Lerninteraktionen: Fragen, Fehler, Unsicherheiten und individuelle Lernverläufe. Daher müssen technische Infrastruktur, Datenverarbeitung und Modellnutzung so gestaltet sein, dass sie den Anforderungen der DSGVO entsprechen. Im OMB+-Kontext wird besonderer Wert darauf gelegt, dass die Daten auf DSGVO-konformen europäischen Servern gespeichert und verarbeitet und die verwendeten Sprachmodelle dort betrieben werden.

Datenschutz ist dabei nicht nur eine rechtliche Pflicht, sondern auch eine Voraussetzung für Akzeptanz. Hochschulen, Lehrende und Lernende müssen darauf vertrauen können, dass ein KI-gestütztes Lernsystem verantwortungsvoll mit Nutzungsdaten umgeht.

Chancen und Grenzen

Der KI-Tutor eröffnet neue Möglichkeiten für die mathematische Unterstützung von Lernenden – sei es beim Selbststudium oder in einem Blended-Learning-Setting. Er ist jederzeit erreichbar, kennt den Kurskontext, kann auf die aktuelle Aufgabe eingehen und unterstützt Lernende durch dialogische Hinweise. Er kann in Phasen helfen, in denen menschliche Betreuung nicht unmittelbar verfügbar ist.

Der KI-Tutor kann auch dazu angehalten werden, eine Erklärung ausführlicher, einfacher oder anspruchsvoller zu formulieren. Er kann auch Konzepte und Methoden erklären, die inhaltlich nicht zum Kurs gehören und dazu Aufgaben formulieren und korrigieren und all dies sokratisch, d. h. ohne die Lösung von Aufgaben zu verraten. Es sind noch viele andere Anwendungsszenarien möglich, auf die wir hier nicht weiter eingehen.

Gleichzeitig bleiben Grenzen. Der KI-Tutor im OMB+ ist zurzeit rein textbasiert. Er kann noch nicht mit Bildern umgehen, nicht mit Videos und hat auch noch keine Audioschnittstelle.

Ein KI-Tutor kann irren, weil er letztlich nicht streng deterministisch agiert. Das zeigt sich schon allein darin, dass Antworten auf dieselbe, wiederholt gestellte Frage nicht reproduzierbar sind. Er kann eine Frage falsch interpretieren, eine mathematische Umformung ungenau erklären oder einen ungeeigneten Hinweis geben. Um diese Risiken zu reduzieren, haben wir eine besondere Architektur eingesetzt, die sich bisher gut bewährt hat.

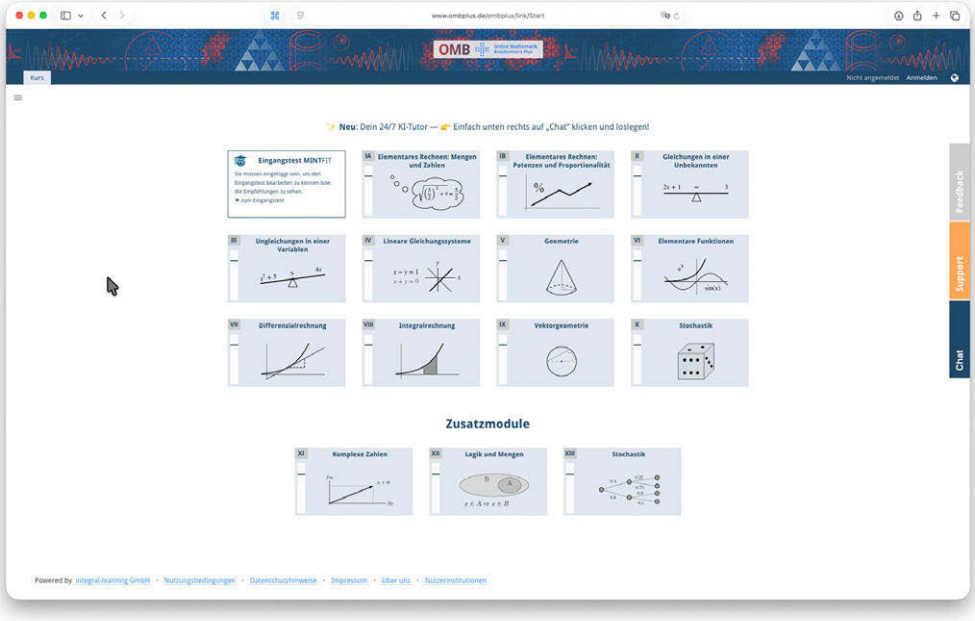
Auch ein in den Kurs integriertes System ist kein Ersatz für mathematische Qualitätssicherung, sorgfältige Evaluation und menschliche Verantwortung. Deshalb sollte der Einsatz eines KI-Tutors fortlaufend beobachtet, getestet und verbessert werden.

Angesichts der finanziellen Restriktionen in allen Bundesländern und der Schwierigkeit, an Hochschulen hinreichend qualifizierte Tutorinnen und Tutoren – insbesondere für den Service in Mathematik – zu gewinnen, bietet der KI-Tutor eine Chance, auch in der Zukunft eine qualifizierte Mathematikausbildung im Anwendungsbereich sicherzustellen.

Zusammenfassung und Ausblick

Der im Brückenkurs OMB+ integrierte KI-Tutor zeigt exemplarisch, wie künstliche Intelligenz in mathematische Lernumgebungen eingebettet werden kann. Im Mittelpunkt steht nicht die automatische Produktion von Lösungen, sondern die Unterstützung eines aktiven Lernprozesses.

Die besondere Stärke liegt in der Verbindung mehrerer Elemente: qualitätsgesicherte mathematische Inhalte, interaktive Aufgaben, personalisierte Varianten, automa-



tisches Feedback, sokratischer Dialog mit Bezug auf den Kurs, korrekte und verständliche Sprache, klare Notationen, eine Architektur, die das Risiko fachlicher Fehler weitgehend reduziert. In dieser Kombination entsteht eine Lernumgebung, die sowohl skalierbar als auch individuell unterstützend ist.

Für die Zukunft ist die Einbindung anderer Sprachen angedacht, die insbesondere den Internationalisierungsbemühungen der deutschen Hochschulen Rechnung trägt. Darüber hinaus planen wir, den KI-Tutor um die Verarbeitung von Bildern und Videos sowie um eine Audioschnittstelle zu erweitern. Damit wird dann auch die Korrektur handschriftlicher Lösungen mathematischer Aufgaben möglich werden.

In einem weiteren Schritt wollen wir den KI-Tutor in die Lage versetzen, eine Person entlang eines persönlichen Lernpfades durch den Kurs führen zu können.

Der KI-Tutor im OMB+ ist damit nicht einfach ein weiteres technisches Feature. Er ist ein Schritt hin zu einer Lernumgebung, in der digitale Materialien, automatische Rückmeldungen, menschliche Betreuung und künstliche Intelligenz zusammenwirken, um den Übergang von der Schule zur Hochschule besser zu unterstützen. Welche Rolle die verschiedenen Unterstützungsformen künftig im Lernprozess spielen und wie sich die stärkere Nutzung des KI-Tutors auf den Lernerfolg auswirkt, soll durch begleitende Untersuchungen geklärt werden.

Prof. Dr. Volker Bach
Technische Universität Braunschweig
Institut für Analysis und Algebra
Universitätsplatz 2, 38106 Braunschweig
v.bach@tu-bs.de

Prof. Dr. Ghislain Fourier
RWTH Aachen, Lehrstuhl für Algebra und Darstellungstheorie
Pontdriesch 10–16, 52062 Aachen
fourier@art.rwth-aachen.de

Prof. Dr. Ingenuin Gasser
Universität Hamburg, Angewandte Mathematik
Bundesstraße 55, 20146 Hamburg
ingenuin.gasser@uni-hamburg.de

Prof. Dr. Aloys Krieg
RWTH Aachen, Fachgruppe Mathematik
52056 Aachen
krieg@rwth-aachen.de

Prof. Dr. Ruedi Seiler
integral-learning GmbH, Digital Education Lab
Fasanenstraße 85, 10623 Berlin
ruedi.seiler@integral-learning.de

Volker Bach studierte Mathematik und Physik an der TU Braunschweig und promovierte 1992 an der ETH Zürich in Theoretischer Physik. Nach Forschungsstationen an der TU Berlin und der Princeton University sowie einer Professur in Mainz wechselte er 2010 als Professor für Angewandte Analysis an die TU Braunschweig.

Ingenuin Gasser ist seit über 20 Jahren Professor für Modellierung und partielle Differentialgleichungen an der Universität Hamburg. Seine Forschung umfasst kinetische und fluiddynamische Gleichungen, Verkehrs- und Halbleitermodelle sowie die mathematische Modellierung erneuerbarer Energiesysteme.

Ghislain Fourier studierte Mathematik an der Bergischen Universität Wuppertal und wurde 2007 an der Universität zu Köln promoviert, wo er sich 2013 auch habilitierte. Nach Stationen an den Universitäten Glasgow und Hannover übernahm er 2018 den Lehrstuhl für Algebra und Darstellungstheorie an der RWTH Aachen.

Aloys Krieg war über 30 Jahre Professor für analytische Zahlentheorie an der RWTH Aachen. Von 2008 bis 2024 wirkte er als Prorektor für Lehre der RWTH und prägte insbesondere deren Qualitätsmanagement und Digitalisierungsstrategie in der Lehre, bevor er in den Ruhestand trat.

Ruedi Seiler studierte Physik und Mathematik an der ETH Zürich und wurde dort 1967 promoviert. Nach Stationen in den USA und Frankreich war er zunächst Professor für Theoretische Physik an der FU Berlin und von 1982 bis 2008 Professor für Mathematik an der TU Berlin. Er ist Geschäftsführer der integral learning GmbH.