

Aller Anfang ist schwer

Welche Mathematikkenntnisse müssen Studienanfängerinnen und Studienanfänger in MINT-Studiengängen mitbringen?

Irene Neumann, Christoph Pigge und Aiso Heinze

2012 legte die Konferenz der Fachbereiche Physik Empfehlungen zum Umgang mit Mathematikkenntnissen von Studienanfängerinnen und Studienanfängern im Fach Physik vor. Damit gehörte sie zu den ersten Vertretungen der Hochschuleseite, die konkret und konstruktiv auf die Problematik fehlender Mathematikkenntnisse am Studienbeginn reagierte. Auch wenn inzwischen weitere Empfehlungen und Anforderungskataloge vorliegen, fehlte bisher eine empirische Fundierung der von Hochschuleseite erwarteten mathematischen Kenntnisse und Fähigkeiten zu Studienbeginn. Nun gab es dazu eine Delphi-Studie.

Mathematik spielt ohne Zweifel für die Physik, wie auch für andere MINT-Fächer, eine zentrale Rolle. Nahezu alle Hochschulen bieten mathematische Vor- oder Brückenkurse an [1], denn beim Übergang von der Schule in ein MINT-Studium berichten Hochschullehrende und Studierende nicht selten von fehlenden mathematischen Vorkenntnissen, die teilweise sogar einen Studienabbruch oder Studienfachwechsel zur Folge haben [2]. Die inhaltliche Ausrichtung der Vor- und Brückenkurse variiert jedoch teils stark, und auch wenn Anforderungskataloge von einzelnen Gruppen (z. B. *cosh* – cooperation schule:hochschule in Baden-Württemberg [3]; Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) [4]; European Society for Engineering Education SEFI [5]) einen gemeinsamen Kern erkennen lassen, sind sie nicht deckungsgleich. Beispielsweise beinhalten alle drei Kataloge mathematische Inhalte (wie das Bruchrechnen, Differenzieren oder Integrieren), anwendungsbezogene Lernvoraussetzungen (z. B. Modellieren) tauchen nur bei *cosh* und



shutterstock / Andrey Popov

Die Mathematikkenntnisse der Studierenden im ersten Semester sind sehr unterschiedlich. Was aber erwarten die

Lehrenden von MINT-Studienanfängerinnen und Studienanfängern? Besteht hier ein Konsens?

SEFI auf. SEFI geht außerdem auf Persönlichkeitsmerkmale ein. Ein gemeinsames Dokument, das die Erwartungen der Hochschuleseite an MINT-Studienanfängerinnen und -anfänger beschreibt, lag jedoch bislang nicht vor. Offen war auch, ob es überhaupt eine gemeinsame Sicht zu den erwarteten mathematischen Lernvoraussetzungen gibt.

MaLeMINT – eine Delphi-Studie

Das Projekt MaLeMINT: **M**athematische Lernvoraussetzungen für MINT-Studiengänge wollte daher die Frage beantworten, welche mathematikbezogenen Lernvoraussetzungen aus Hochschulsicht für einen erfolgreichen Einstieg in MINT-Studiengänge mindestens nötig sind. Dabei sollte insbesondere die Frage nach einem Konsens über Fachgrenzen und Hochschularten hinweg untersucht und ggf. ein entsprechender Katalog mathematischer Lernvoraussetzungen empirisch fundiert beschrieben werden.

Um dies zu erreichen, fand eine Delphi-Studie mit Hochschullehrenden statt. Delphi-Studien sind Expertenbefragungen, in denen über mehrere Runden hinweg die Meinung der Expertinnen und Experten erfasst, strukturiert und ihnen erneut zur Bewertung zurückgespiegelt wird [6, 7]. Dieses Vorgehen erlaubt es, in Expertengruppen sukzessive einen Konsens zu bilden, der nicht durch soziale Effekte (wie die Meinungsführerschaft von Einzelpersonen in Gruppendiskussionen) beeinflusst ist [6].

Um die Meinung einer großen Gruppe von Hochschullehrenden abzubilden, wurden zu Projektbeginn 2015 alle Hochschullehrenden in Deutschland identifiziert, die in den letzten fünf Jahren (Sommersemester 2010 bis Sommersemester 2015) Mathematikvorlesungen für das erste Semester in MINT-Studiengängen angeboten haben. Im Rahmen einer Online-Recherche (Vorlesungsverzeichnisse, Modulhandbücher und Stundenpläne) wurden 2233 Hochschullehrende erfasst, die dieses Kriterium er-

Dr. Irene Neumann,
Christoph Pigge
und Prof. Dr. Aiso
Heinze, Leibniz-
Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und
Mathematik, Olshausenstraße 62, 24118
Kiel

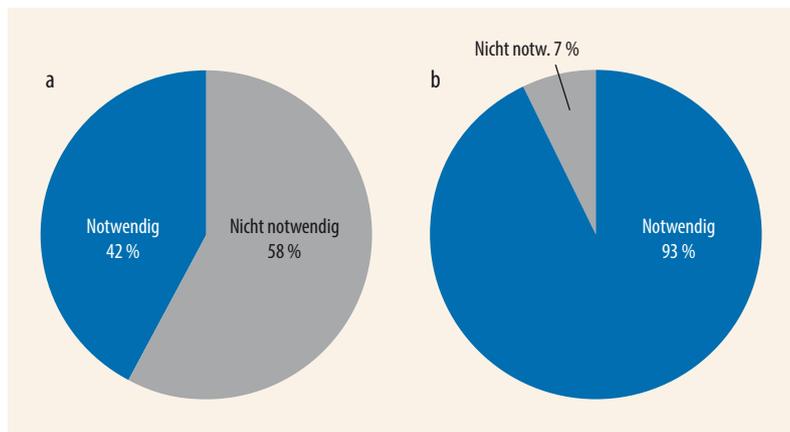


Abb. 1 Zustimmungsraten zu den Aspekten „Formales Stetigkeitskonzept (als ϵ - δ -Definition oder mittels Idee der Fol-

genstetigkeit)“ (a) und „Anschauliches Stetigkeitskonzept (z. B. als „durchgezogener Graph“)“ (b).

füllten. Für einzelne Studiengänge waren die Vorlesungsverzeichnisse nicht oder nicht vollständig im Internet zugänglich. In diesen Einzelfällen wurden Modulverantwortliche für die Mathematikveranstaltungen im ersten Semester bzw. Studiendekaninnen und -dekane ausgewählt, auch wenn diese ggf. bisher keine Lehre für das erste Semester angeboten hatten.

In der ersten Befragungsrunde wurde mithilfe offener Fragen die Meinung von 36 Hochschullehrenden erfasst. Die dabei identifizierten Aspekte bildeten zusammen mit Aspekten aus Bildungsdokumenten (z. B. KFP-Empfehlungen, Bildungsstandards), auf welche die Hochschullehrenden verwiesen hatten, einen vorläufigen Katalog. Dieser Katalog umfasste Lernvoraussetzungen aus den Bereichen Mathematische Inhalte, Mathematische Arbeitstätigkeiten, Wesen der Mathematik und Persönliche Merkmale. In den Folgerunden wurde der Katalog der Gesamtstichprobe vorgelegt, um die Meinung einer breiten Expertenbasis adäquat abzubilden. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bewerteten die Lernvoraussetzungen hinsichtlich ihrer Notwendigkeit zu Beginn eines MINT-Studiums. Sie konnten Präzisierungen und Ergänzungen vornehmen, die dann wieder in die Expertengruppe zurückgespiegelt wurden. Es nahmen in den beiden Runden 952 bzw. 664 Hochschullehrende teil.

Konsenskriterien

Zur Auswertung der Antworten der Hochschullehrenden waren zunächst Kriterien festzulegen, wann bei einer Lernvoraussetzung ein Konsens unter den Expertinnen und Experten anzunehmen war und wie mit vereinzelt genannten Ergänzungen oder Änderungen umgegangen werden sollte. Um das Meinungsbild der Hochschullehrenden nicht zu verzerren, waren diese Kriterien eher konservativ gewählt. Dies sollte sicherstellen, dass der Konsens über alle Befragten hinweg und auch in den einzelnen Studiengangsgruppen (d. h. Lehrende, die in Mathematikstudiengängen bzw. MINT-Studiengängen bzw. INT-Studiengängen unterrichten) und Hochschularten anzunehmen ist. Zur Ablehnung der Notwendigkeit einer Lernvoraussetzung waren diese Konsensbedingungen noch schärfer angelegt, da die Konsequenzen als größer angesehen wurden. Konkret galt eine Lernvoraussetzung als notwendig, wenn

- mindestens zwei Drittel aller Befragten und
- mindestens die Hälfte der Lehrenden in jeder Studiengangsgruppe (Mathematik, MINT oder INT) und
- mindestens die Hälfte der Lehrenden in jeder Hochschulart die Lernvoraussetzung als notwendig bewertet hatten.

Eine Lernvoraussetzung galt als nicht notwendig, wenn

- mehr als drei Viertel aller Befragten und
- mehr als zwei Drittel der Lehrenden in jeder Studiengangsgruppe und
- mehr als zwei Drittel der Lehrenden in jeder Hochschulart

die Lernvoraussetzung als nicht notwendig bewertet hatten.

Neue Aspekte bzw. Änderungen, die mindestens drei Hochschullehrende genannt hatten, wurden in der Folgerunde berücksichtigt. Dies sollte eine Beeinflussung durch Einzelmeinungen vermeiden und dennoch neue Aspekte angemessen berücksichtigen.

Ergebnisse

Ein wichtiges Ergebnis der Studie ist, dass über die drei Befragungsrunden ein Konsens unter den Hochschullehrenden festzustellen war. Von insgesamt 179 identifizierten mathematischen Lernvoraussetzungen erfüllten 144 (80,4 %) die angelegten Kriterien: Bei 140 Lernvoraussetzungen bestand Konsens über die Notwendigkeit, vier wurden als nicht not-



wendig eingeschätzt. Auch zeigten sich zwischen Lehrenden von Universitäten und (Fach-)Hochschulen bzw. Lehrenden in Mathematik-, MINT- und INT-Studiengängen keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der Notwendigkeit von Lernvoraussetzungen.

Berücksichtigt man die unterschiedliche Rolle der Mathematik für die verschiedenen MINT-Fächer und die unterschiedliche Ausrichtung der Studiengänge an Universitäten und (Fach-)Hochschulen, ist diese doch recht breite Übereinstimmung durchaus überraschend. Tendenzielle Unterschiede betrafen insbesondere den notwendigen Grad der Formalisierung mathematischer Konzepte, die Notwendigkeit des Anwendungsbezugs sowie einzelne Ziele mathematischen Arbeitens bzw. Vorstellungen von der Mathematik. Ähnliches gilt für die Gruppe der Dozentinnen und Dozenten, die Mathematik für Physikstudierende lehren. Die Ergebnisse für diese Subgruppe sind weitgehend vergleichbar mit denen der Gesamtstichprobe.

Die Notwendigkeit mathematischer Inhalte der Sekundarstufe I (z. B. algebraische Regeln, lineare und quadratische (Un-)Gleichungen, Rechnen mit Maßeinheiten) und auch einiger persönlicher Merkmale (z. B. Durchhaltevermögen und Frustrationstoleranz) trafen auf eine besonders breite Zustimmung. Auch den bislang kontrovers diskutierten Einsatz elektronischer Hilfsmittel (konkret: die Anwendung zur Lösung von Aufgaben und die kritische Betrachtung der Ergebnisse) hat die Stichprobe als notwendig anerkannt. Abstrakt-formale Aspekte galten auf einer Metaebene (z. B. ein Verständnis der zentralen Rolle des Beweisens in der Mathematik) und hinsichtlich eines intuitiven Verständnisses (z. B. anschauliches Stetigkeitskonzept) als notwendig (Abb. 1). Zum konkreten Umgang mit abstrakt-formalen Aspekten (z. B. Entwickeln eigener Beweise) gab es jedoch keinen Konsens (Abb. 2). Eine ausführliche Beschreibung der Ergebnisse steht zum Download bereit.^{#)}

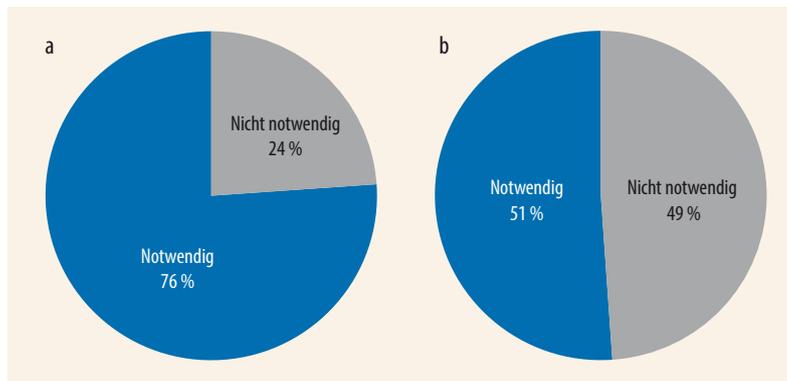


Abb. 2 Zustimmungsraten zu den Aspekten „Verstehen und Prüfen von mathematischen Beweisen“ (a) und „Entwickeln und Formulieren mathematischer

Beweise zu einer gegebenen Behauptung“ (b).

Ein Vergleich des MaLeMINT-Katalogs mit der Liste mathematischer Inhalte aus den Empfehlungen der KFP [4] ist in Form eines direkten Abgleichs zwar nur in Teilen sinnvoll, da beide Zusammenstellungen in einigen Bereichen unterschiedlich ausdifferenziert sind. Im Allgemeinen lässt sich aber festhalten, dass das, was sich gemäß den Empfehlungen der KFP durch die Ziele des Mathematikunterrichts als vorausgesetzt annehmen lässt, bis auf Ausnahmen auch im hier erarbeiteten Katalog abgedeckt ist. Die Ausnahmen betreffen beispielsweise das in den KFP-Empfehlungen genannte Kreuzprodukt, zu dem es im Rahmen der Delphi-Studie keinen Konsens gab; umgekehrt wurden Folgen im Studium verortet, stellten sich hier aber als notwendige Lernvoraussetzung heraus (Folgenbegriff, Bildungsvorschriften, arithmetische und geometrische Folge). Abweichungen gibt es zudem hinsichtlich der mathematischen Arbeitstätigkeiten, der Vorstellungen zum Wesen der Mathematik und der persönlichen Merkmale, die in den KFP-Empfehlungen bislang nicht berücksichtigt sind.

Implikationen

Mit den Ergebnissen des Projekts MaLeMINT liegt eine empirisch fundierte Beschreibung der von Hochschullehrenden als notwendig eingeschätzten mathematischen Lernvoraussetzungen für MINT-Studiengänge vor, die insbesondere denjenigen als Informationsquelle

dienen kann, die sich mit dem Übergang in ein MINT-Studium befassen. So können Lehrkräfte die Lernvoraussetzungen heranziehen, um Schülerinnen und Schüler, die sich für ein MINT-Studium interessieren, zu beraten oder ihnen gezielte Fördermaßnahmen anzubieten. Akteure in der Bildungspolitik und Bildungsverwaltung können den erarbeiteten Katalog in die (Weiter-)Entwicklung von Standards einfließen lassen oder zur Interpretation von Ergebnissen im Rahmen des Bildungsmonitorings heranziehen, um Aussagen über die Studierfähigkeit von Abiturientinnen und Abiturienten – gemessen an den Erwartungen der Hochschullehrenden – zu machen. Der Katalog kann auch als Basis für die Entwicklung (regionaler) Maßnahmen zur besseren Abstimmung zwischen Schulen und Hochschulen dienen.

Für die Hochschulen bietet der Katalog die Möglichkeit, die Erwartungen an Studienanfängerinnen und -anfänger transparent zu machen. Im kollegialen Austausch können beispielsweise Hochschullehrende an einzelnen Standorten für bestimmte Studiengänge Aspekte aus dem Katalog als besonders wichtig hervorheben oder ihn um weitere Lernvoraussetzungen ergänzen. In der Außendarstellung und in der Studienberatung können dann entsprechende Informationsmaterialien zum Einsatz kommen. Auch kann der Katalog eine Orientierung für die (Weiter-)Entwicklung mathematischer Vor- und Brückenkurse sein.

#) Der Bericht zur MaLeMINT-Studie und eine ausführliche Beschreibung der Ergebnisse stehen zum Download bereit unter www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-mathematik/forschung-und-projekte/malemint.

Die in dieser Studie von Hochschullehrenden berichteten Erwartungen zu mathematischen Lernvoraussetzungen für das MINT-Studium sind in weiten Teilen anschlussfähig an das, was in der Regel im schulischen Mathematikunterricht behandelt wird. Dennoch bleibt offen, inwieweit die Studienanfängerinnen und -anfänger diese Erwartungen auch erfüllen. Ansätze, eventuelle Leistungsdefizite auszugleichen, sind mit den diversen Vor- und Brückenkursen bereits vorhanden, ihre Effektivität ist meist jedoch nicht erforscht. Ebenfalls ist unklar, inwieweit die identifizierten Lernvoraussetzungen prädiktiv sind für den Erfolg nicht nur in der Studieneingangsphase, sondern in der gesamten Studienlaufbahn. Um die Schwierigkeiten am Übergang von der Schule in ein MINT-Studium zu reduzieren, sollten sich entsprechend Folgestudien anschließen, die sich diesen Fragen widmen.

Literatur

- [1] R. Biehler, R. Bruder, R. Hochmuth und W. Koepf, In: I. Bausch et al. (Hrsg.), *Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik*. Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte, Probleme und Perspektiven, Springer Spektrum, Wiesbaden (2014), S. 1
- [2] U. Heublein et al., Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen: Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08, HIS, Hannover (2010)
- [3] cosh – Cooperation Schule:Hochschule, Mindestanforderungskatalog Mathematik (Version 2.0) der Hochschulen Baden-Württembergs für ein Studium von WiMINT-Fächern, www.mathematikschule-hochschule.de/images/Aktuelles/pdf/MAKatalog_2_0.pdf (2014)
- [4] KFP – Konferenz der Fachbereiche Physik, Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik, www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlung-Mathematikkenntnisse.pdf (2012)
- [5] SEFI – European Society for Engineering Education, A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education. A Report of the Mathematics Working Group. European Society for

Engineering Education (SEFI), Brussels, <http://sefi.htw-aalen.de> (2013)

- [6] M. Häder, *Delphi-Befragungen: Ein Arbeitsbuch*, Springer, Wiesbaden (2014)
- [7] T. Webler, D. Levine, H. Rakel und O. Renn, *Technological Forecasting and Social Change* 3, 253 (1991)

DIE AUTOREN

Irene Neumann (FV Didaktik der Physik) ist Leiterin der Forschungsgruppe „Lehren und Lernen an der Schnittstelle zwischen Physik und Mathematik“ am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Sie hat in Würzburg Physik auf Diplom sowie Mathematik und Physik für das Lehramt studiert und an der U Duisburg-Essen in Didaktik der Physik promoviert.



Christoph Pigge ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt MaLeMINT. Er hat in Lüneburg Mathematik und Wirtschaftswissenschaften für das Lehramt studiert.



Aiso Heinze ist Direktor der Abteilung Didaktik der Mathematik am IPN in Kiel. Er hat in Oldenburg Mathematik und

Chemie für das Lehramt studiert. Es folgten die Promotion in Mathematik in Oldenburg und die Habilitation in Didaktik der Mathematik an der Universität Augsburg.



New Journal of Physics

The open access journal at the forefront of physics

www.njp.org

Early Career Award

Do you know of an early career researcher that has made an outstanding contribution to the scientific community?



Nominations are open

An exciting new initiative that recognises early career brilliance and contributions to the field.

For more information and details on submitting your nomination, visit www.njp.org/early-career-award.