

Malte LEHMANN, Bettina RÖSKEN-WINTER, Berlin

Studie zur Untersuchung von Problemlösekompetenzen bei Ingenieursstudierenden im ersten Studienjahr

Ingenieursstudierende sind zu Beginn ihres Studiums in Mathematik gefordert, neben deklarativem und prozeduralem Wissen, besonders ihre Problemlösekompetenzen zu entwickeln. Die Ausbildung dieser Kompetenzen wird oftmals durch eine Asynchronität mathematischer und ingenieurwissenschaftlicher Inhalte erschwert. Insbesondere stellt die Anwendung des in den Mathematikvorlesungen erworbenen Wissens die Studierenden in den Vorlesungen zur Technischen Mechanik, aber auch zur Konstruktionstechnik und zur Werkstofftechnik, vor große Herausforderungen. Für den Bereich der universitären Ingenieurausbildung liegen derzeit weder umfassende Kompetenzmodellierungen noch Messinstrumente vor. Im Zentrum des Projektes KoM@ING steht deshalb die Kompetenzmodellierung, -entwicklung und -erfassung in den Studiengängen Maschinenbau und Elektrotechnik. Das Projekt unterteilt sich dabei in quantitative und qualitative Teilprojekte. Während in den quantitativen Teilprojekten auf Grundlage psychometrischer und testtheoretischer Modellierungen (IRT) Eingangstest und Ausgangstest zur Höheren Mathematik und Technischen Mechanik entwickelt werden, konzentrieren sich die qualitativen Teilprojekte auf Detailanalysen von Modellierungs- und Problemlöseprozessen der Studierenden. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse aus dem qualitativen Teilprojekt Berlin, welches den Problemlöseprozess von Studierenden genauer analysiert, vorgestellt.

Theoretischer Rahmen

Aufbauend auf dem dänischen KOM-Projekt (Niss & Højgaard, 2011) wurde von SEFI (2013, S.13) ein Katalog mit acht mathematischen Kompetenzen für Ingenieursstudierende erstellt: *Thinking mathematically*, *Reasoning mathematically*, *Posing and solving mathematical problems*, *Modeling mathematically*, *Representing mathematical entities*, *Handling mathematical symbols and formalism*, *Communicating in, with and about mathematics* und *Making use of aids and tools*. Dabei wird die Kompetenz des Darstellens und Lösens von Problemen sehr allgemein beschrieben, sie „umfasst auf der einen Seite die Fähigkeit mathematische Probleme zu identifizieren und zu spezifizieren [...] und auf der anderen Seite die Fähigkeit mathematische Probleme zu lösen [...]“ (SEFI, 2013, S.13f, Übersetzung durch Autor). Für eine detailliertere Beschreibung des Problemlöseprozesses kann auf die klassischen Arbeiten von Polya (1945) zurückge-

In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 715–718).
Münster: WTM-Verlag

griffen werden, welcher den Problemlöseprozess in vier Teilschritte unterteilt: *Verstehen des Problems*, *Entwickeln eines Plans*, *Ausführen des Plans* und *Rückschau*. Einen spezifischeren Blickwinkel ermöglichen die Arbeiten zu Heuristiken von Bruder und Collet (2011), in denen zwischen heuristischen Hilfsmitteln (*Informative Figures*, *Gleichungen*, u.a.), Strategien (*Analogieschluss*, *Systematisches Probieren*, u.a.) und Prinzipien (*Zerlegungsprinzip*, *Symmetrieprinzip*, u.a.) unterschieden wird. Die beiden Ansätze ermöglichen eine differenzierte Analyse von Aufgabenbearbeitungen von Studierenden. Insbesondere verfolgen wir die folgenden Forschungsfragen:

- Können über Phasen und Heuristiken Schwierigkeiten bei Aufgaben beschrieben werden?
- Wie können mit einem Kategoriensystem Heuristiken hinsichtlich ihrer Popularität, ihrer Universalität und ihres Potenzials eingestuft werden?
- Welche Faktoren wirken auf die Leistungen von Studierenden bei der Bearbeitung von Aufgaben aus physikalischen Kontexten?

Methodologie

Die Untersuchung ist als Längsschnittstudie konzipiert. Sie umfasst drei Messzeitpunkte, die vor Beginn des Studiums, nach dem ersten Semester und nach dem zweiten Semester durchgeführt werden. Zum ersten Zeitpunkt füllten die Teilnehmer (n=37, männlich= 20, weiblich =17) die Eingangstests zur Höheren Mathematik und zur Technischen Mechanik und einen Grundintelligenz-Test aus. Zur Erhebung des physikalischen Verständnisses zur Mechanik wurde zudem der Force Concept Inventory (FCI) eingesetzt. Dieser setzt keine besonderen Kenntnisse physikalischer Formeln oder mathematische Fähigkeiten voraus. Zusätzlich bearbeiteten die Teilnehmer in Gruppen von zwei oder drei Personen die fünf leichtesten und fünf schwersten Aufgaben sowohl aus dem Eingangstest zur Höheren Mathematik als auch zur Technischen Mechanik. Die Studierendengruppen lösten diese gemeinsam und waren gehalten, durch die *Think-Aloud*-Methode ihre Gedanken zu verbalisieren. Die videographierten Aufgabenbearbeitungen wurden transkribiert und mit Hilfe eines Kategoriensystems zu Polyas Phasen und den Heuristiken von Bruder und Collet codiert und analysiert.

Ergebnisse

Heuristiken kommen bei den leichten und schweren Aufgaben unterschiedlich häufig zur Anwendung. Die Auftretenshäufigkeit beträgt bei den heu-

ristischen Hilfsmitteln 22% bei der Bearbeitung leichter Aufgaben und 78% bei der Bearbeitung schwerer Aufgabe (heuristische Strategien: leicht: 30%, schwer: 70%; heuristische Prinzipien: leicht: 0%, schwer 100%). Auch für das Auftreten der Phasen nach Polya konnten Unterschiede zwischen leichten und schweren Aufgaben gefunden werden. Während in 65% der leichten Aufgaben höchstens eine Phase erkennbar war, beschränkten sich nur 4% der Bearbeitungen der schweren Aufgaben auf eine Phase. Das vollständige Durchlaufen aller vier Phasen geschah ausschließlich bei schweren Aufgaben und zwar in 40% der Fälle.

Die IRT-skalierten Tests zur Höheren Mathematik (HM) und Technischen Mechanik (TM) ermöglichen es, jedem Teilnehmenden einen Personenfähigkeitsschätzer zuzuordnen. Die Teilnehmer an der Untersuchung sind vergleichbar mit den Pilotierungsstichproben der quantitativen Teilprojekte: $M_{HM} = -0,11$, $SD_{HM} = 1,38$, $M_{TM} = -0,86$, $SD_{TM} = 1,01$. Im FCI erzielten die Studierenden im Durchschnitt einen Wert von $M_{FCI} = 11,35$, $SD_{FCI} = 5,78$ von 30 möglichen Punkten.

Um zu klären, welche Faktoren auf die Leistungen von Studierenden bei der Bearbeitung von Aufgaben aus physikalischen Kontexten wirken, wurden mehrere multiple lineare Regressionen und die dazugehörigen Korrelationsmatrizen berechnet. Für die Korrelationen der Testergebnisse und des Vorwissens, hier durch die Abiturnote repräsentiert, ergab sich:

Tabelle 1: Korrelationsmatrix

	<i>Ergebnis TM</i>	<i>Ergebnis HM</i>	<i>Ergebnis FCI</i>	<i>Abiturnote</i>	<i>Ergebnis IQ-Test</i>
<i>Ergebnis TM</i>	1				
<i>Ergebnis HM</i>	.676**	1			
<i>Ergebnis FCI</i>	.744**	.696*	1		
<i>Abiturnote</i>	-.382*	-.612*	-.372*	1	
<i>Ergebnis IQ-Test</i>	.072	.354*	.050	-.167	1

** $p < .01$, * $p < .05$

Die multiple lineare Regression unter Einbezug aller Prädiktoren zeigte einen sehr kleinen, nicht signifikanten Einfluss des Prädiktors *Abiturnote* ($\beta = .004$, $p = .98$) auf das Kriterium *Ergebnis TM*. Eine anschließende Kollinearitätsdiagnose ergab, dass die Faktoren *Ergebnis HM* und *Abiturnote* auf die gleiche Dimension laden, wohingegen der Faktor *Ergebnis FCI* al-

leine auf eine Dimension lädt. Somit trägt der Faktor *Abiturnote* die gleichen Informationen wie *Ergebnis HM* und ist deswegen redundant. Eine multiple lineare Regression mit den Prädiktoren *Ergebnis HM* und *Ergebnis FCI* und dem Kriterium *Ergebnis TM* führte zu nachstehendem Ergebnis:

Tabelle 2: Ergebnis der multiplen linearen Regression

<i>Prädiktoren</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β	<i>Signifikanz</i>
<i>(Konstante)</i>	-1.883	.326		p = .00
<i>Ergebnis HM</i>	.236	.116	.306	p = .05
<i>Ergebnis FCI</i>	.093	.026	.531	p < .01

$R^2=0.602$

Das Modell klärt 60% der Varianz in den Testergebnissen TM auf. Insbesondere das physikalische Verständnis hat einen hohen Einfluss auf die Ergebnisse im TM-Test.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass sich objektiv schwierigere Aufgaben durch einen deutlich häufigeren Gebrauch an heuristischen Hilfsmitteln, Strategien und Prinzipien charakterisieren lassen. Eine Beschreibung der subjektiven Schwierigkeiten durch die Anwendung von Problemlösestrategien und –phasen ist möglich und sinnvoll. Bei den Zusammenhangsuntersuchungen zeigt sich, dass sich die Ergebnisse im TM-Test in einem zufriedenstellenden Maße durch die Ergebnisse im HM-Test und im FCI vorher-sagen lassen. In weiteren Untersuchungen wird der gefundene Zusammen-hang zwischen den HM- und TM-Tests auf Ebene der Heurismen vertieft.

Literatur

- Bruder, R., Collet, C. (2011). *Problemlösen lernen im Mathematikunterricht*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Niss, M., Højgaard, T. (Hrsg.) (2011). *Competencies and Mathematical Learning. Ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark*. Roskilde: Roskilde University.
- Polya, G. (1945). *How To Solve It*. Princeton: Paperback Printing.
- Schecker, H., Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik – Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5, 75–89.
- SEFI (2013). *A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education*. Brussels: European Society for Engineering Education (SEFI).