

Stephan SCHREIBER, Reinhard HOCHMUTH, Lüneburg

Mathematik im Ingenieurwissenschaftsstudium – Auf dem Weg zu einer fachbezogenen Kompetenzmodellierung

Das Projekt KoM@ING (www.kom-at-ing.de) ist ein Verbundprojekt von Wissenschaftlern aus sechs Universitäten und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Schwerpunktprogramm KoKoHs gefördert.¹

Der vorliegende Beitrag berichtet im ersten Teil aus dem Antrag des Projekts an dessen Erstellung R. Hochmuth (Lüneburg), R. Biehler, N. Schaper (Paderborn), B. Rösken-Winter, M. Petermann (Bochum), J. Wildt, E. Tekkaya, M. Heiner (Dortmund), R. Nickolaus (Stuttgart) und A. Heinze (Kiel) beteiligt waren. Der zweite Teil begründet kurz den aktuell im Lüneburger Teilprojekt favorisierten Zugang, im Wesentlichen den epistemologischen Ansatz der Anthropologischen Theorie der Didaktik (Chevallard) für die Verwendung mathematischer Begriffe und Handlungsweisen in der Elektrotechnik. Dieser Ansatz erlaubt es insbesondere die Praxis etablierter Handlungszusammenhänge und deren inhärente Logik in verschiedenen „institutionellen“ Zusammenhängen zu analysieren und aufeinander zu beziehen.

Das Projekt KoM@ING und seine Teilprojekte

Im Zentrum von KoM@ING stehen einerseits Beiträge zur Kompetenzmodellierung und andererseits Studien zur Kompetenzentwicklung und deren relevanten Entwicklungsbedingungen bezogen auf Mathematik und ihre Verwendungen in zentralen Gegenstandsfeldern der beiden ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge Elektrotechnik und Maschinenbau. Die an den Hochschulen übliche curriculare Trennung in mathematische und ingenieurwissenschaftliche Lehrveranstaltungen stellt dabei eine große Herausforderung für die angestrebte Kompetenzmodellierung dar.

Im Fortgang des Projekts sollen zwei Forschungszugänge, ein quantitativ ausgerichteter, IRT-basierter und ein vornehmlich qualitativer prozessanalytischer parallel verfolgt und in drei Teilprojekten in vielfältiger Weise miteinander verschränkt werden, um die jeweiligen Stärken der Ansätze zu nutzen und zugleich die den Ansätzen eigenen Begrenzungen zu kompensieren. Im Sinne einer anwendungsbezogenen Grundlagenforschung sollen Grundlagen für eine Kompetenzdiagnostik geschaffen werden, die u. a. als Basis für die Gestaltung und Evaluation von Lehrinnovationen dienen

¹ Kennziffer 01PK11021D

kann. Darüber hinaus sollen Hinweise darauf gewonnen werden, wie die Schnittstelle zwischen Mathematik für Ingenieure und Mathematik in den Ingenieurwissenschaften besser gestaltet werden kann.

Das Verbundprojekt besteht aus folgenden drei Teilprojekten:

- Teilprojekt A (Universität Paderborn / Leuphana Universität Lüneburg): Kompetenzmodellierung, Kompetenzerfassung und Kompetenzentwicklung bezogen auf die Elektrotechnik
- Teilprojekt B (Technische Universität Dortmund / Ruhr-Universität Bochum): Kompetenzmodellierung, Kompetenzerfassung und Kompetenzentwicklung im Bereich Maschinenbau
- Teilprojekt C (Universität Stuttgart / IPN Christian-Albrechts-Universität zu Kiel): IRT-basierte Modellierungen zentraler Felder ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge, insbesondere höhere Mathematik für Ingenieure, Technische Mechanik, Werkstoffkunde und Konstruktionstechnik

In den Teilprojekten A und B werden für die beiden Fachrichtungen Elektrotechnik und Maschinenbau bezogen auf die Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Kompetenz jeweils zwei Phasen des Studiums in den Blick genommen: die „Grundlagenphase“ (die ersten 2-3 Semester) und die „fortgeschrittene Bachelor- und Masterphase“ (3.-10. Semester).

Teilprojekt A – Lüneburg

Dieses Teilprojekt fokussiert zunächst speziell auf die mittlere Bachelorphase des Studiengangs Elektrotechnik und die Veranstaltung „Signale und Systeme“ bzw. Lehrveranstaltungen mit vergleichbarem Inhalt und die damit zusammenhängenden Bereiche der vorangehenden fachlichen und mathematischen Veranstaltungen.

Ausgangspunkt ist zunächst die Beobachtung, dass sich Studierende der Elektrotechnik Mathematik in verschiedenen Kontexten aneignen, einerseits im Veranstaltungszyklus Höhere Mathematik für Elektrotechniker (oder Ingenieure) und andererseits in Fachveranstaltungen (wie bspw. Grundlagen der Elektrotechnik, Signale und Systeme). Verwendet wird die geeignete Mathematik dann in fortgeschrittenen Fachveranstaltungen, Abschlussarbeiten und Laboren. Dabei stehen die Studierenden vor der anspruchsvollen Aufgabe, die vielfältigen und teilweise widersprüchlichen mathematischen Vorstellungen und Strukturen in anschlussfähiges Wissen, bezogen auf die ingenieurwissenschaftlichen Fachinhalte, zu transformieren. Dies führt zur Frage, mit welchen mathematik-bezogenen und personellen Kompetenzen Studierende elektrotechnische Aufgaben lösen. Zur

Klärung dieser Frage werden im Hinblick auf die Kompetenzmodellierung Begriffsanalysen und Aufgaben- sowie Aufgabenbearbeitungsanalysen durchgeführt werden, die es ermöglichen, grundlegende Vorstellungen und typische Schwierigkeiten Studierender zu identifizieren. Dabei stehen Aufgabenbearbeitungen im Zentrum, bei denen einerseits der Lösungsprozess und andererseits die den Lösungsprozess steuernden theoretischen Hintergründe betrachtet werden. Hierbei erscheint es wesentlich, die beiden gegenüberstehenden Sichtweisen auf Mathematik (Mathematik in den Ingenieurwissenschaften und Ingenieurmathematik) in die Kompetenzmodellierung mit einzubeziehen.

Dabei stellt sich insbesondere die Frage, ob dann, wenn in der Elektrotechnik mit mathematischen Symbolen, Algorithmen, usw. operiert wird, tatsächlich „Mathematik“ oder nicht vielmehr weiterhin „Elektrotechnik“ betrieben wird. Diese Problematik führt u.a. auf die beiden folgenden Fragen:

- Mit welchen Vorstellungen ist das jeweilige Handeln verbunden?
- Wird mit Größen/Symbolen im engeren Sinne „mathematisch“, etwa als „Variable“, oder im engeren Sinne „elektrotechnisch“, etwa als „Messgröße“ umgegangen oder beides?

Welcher Kategorien bedarf es zur Beschreibung und Analyse relevanter Wissenssysteme, um solche Fragen in Lehr-Lern-Kontexten stellen und empirisch untersuchen zu können? Erste Überlegungen bezüglich möglicher Zugänge ergaben Folgendes: In unserem Kontext erscheinen uns erstens Modellierungskreisläufe nicht geeignet, das komplexe Zueinander potentiell verschiedener Vorstellungen und Handlungsweisen zu beschreiben. Insbesondere die in diesen Kreisläufen typischerweise zentral herausgestellte Trennung von „Mathematik“ und dem „Rest der Welt“ erscheint uns als problematisch. Zweitens erscheint es uns für unsere Fragestellungen unabdingbar zu sein, zu berücksichtigen, dass sich die im Fortgang des Studiums entwickelnden übergreifenden Organisationsformen des mentalen, kommunikativen und objektiven Wissens (vgl. dazu Holzkamp, 1993) und in diesem Zusammenhang insbesondere der jeweilige subjektive innere Verweisungszusammenhang von Wissens-elementen, also letztlich das was im Hinblick auf „Bedeutungen“ von hoher Relevanz ist, nicht als kognitive Konstrukte allein beschrieben werden können.

Unter anderem diese Überlegungen führten dazu, als Analysewerkzeug auf die Anthropologische Theorie der Didaktik (Chevallard, 1992, 1999) zurückzugreifen. Dieser Ansatz erlaubt insbesondere die institutionelle Verfasstheit mathematischen Wissens in den verschiedenen Lehr-Lern-Kontexten im Hinblick auf deren Struktur, spezifische Hürden und Zugriffe

zu explizieren. Im Bereich der mathematikbezogenen Ingenieurdidaktik ist dieser Ansatz bereits in einer französischen Arbeitsgruppe fruchtbar gemacht worden (Castela & Romo Vázquez, 2011).

Ausblick (Teilprojekt A – Lüneburg)

Unseres Erachtens erlaubt es der gewählte Ansatz präzise Erkenntnisse zum Verhältnis von Mathematik und Elektrotechnik zu gewinnen, da er eine feinkörnige Kategorienbildung erlaubt, die es gestattet, Fragen zur spezifischen Mathematikverwendung in der Elektrotechnik (Vorstellungen beim „Mathemachen“, mathematischer oder elektrotechnischer Umgang mit Formeln und Größen) fachnah zu untersuchen.

Darüber hinaus lassen sich auf der Seite der Prozesssteuerung Verbindungen zu soziokulturellen (Community of Practice, vgl. Wenger, 1998) und gesellschaftlichen (Habitus-theorie, vgl. Bourdieu, 1994) Kompetenzdimensionen herstellen. Auch lässt sich der institutionelle Blickwinkel auf die Ebene der konkreten Lehr-Lern-Situation erweitern. Möglichkeiten dazu bietet die Theorie der didaktischen Situationen (Brousseau, 1997). Schließlich bieten Materialien, die Wissen auf verschiedenen Ebenen repräsentieren (Expertenwissen, Lehrwissen, gelehrtes Wissen, gelerntes Wissen), die Möglichkeit die didaktische Transposition (Chevallard, 1991) relevanter mathematischer Inhalte zu beschreiben, wovon wir uns weitere Impulse für Kompetenzmodellierungen erwarten.

Literatur

- Bourdieu, P. (1994). *Raisons pratiques. Sur la théorie de l'action*. Paris: Editions du Seuil.
- Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques, 1970-1990*. translated by Cooper, M., Balacheff, N., Sutherland, R., Warfield, V. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné* (2. ed.). *Recherches en didactique des mathématiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (1992). *Fundamental concepts in didactics: Perspectives provided by an anthropological approach*. *RDM, Selected Papers*. La Pensée Sauvage, Grenoble, 131–167.
- Chevallard, Y. (1999). *L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique*. *RDM*, 19(2), 221–266.
- Castela, C., & Romo Vázquez, A. (2011). *Des mathématiques à l'automatique : étude des effets de transposition sur la transformée de Laplace dans la formation des ingénieurs*. *RDM*, 31(1), 79–130.
- Holzkamp, K. (1993). *Lernen: Subjektwissenschaftliche Grundlegung*. Frankfurt/Main: Campus-Verlag.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice*. Cambridge: Cambridge University Press.