

## Problembeschreibung

Jeder dritte Studierende der Ingenieurwissenschaften wirft im Studium das Handtuch. Für den Studienbereich Bauingenieurwesen sind die Zahlen noch schlimmer: jeder zweite Studierende bricht sein Studium ab (Heublein et al., 2014). Zu den entscheidenden Ursachen zählen häufig mangelnde Kenntnisse im Fach Mathematik (Polaczek, 2007; vom Lehn, 2012b; Kurz, 2014). Von diesem Problem sind manche Untergruppen besonders stark betroffen: eine Studie aus den USA zeigt, dass in MINT-Fächern 50% mehr Frauen als Männer ihr Studium abbrechen, nachdem sie die erste Mathematikvorlesung besucht haben (Ellis, 2016).

Es ist keine Überraschung, dass Mathematikkenntnisse eine entscheidende Rolle für ein erfolgreiches Ingenieurstudium spielen. Mathematik ist ein wesentliches Werkzeug für jeden Ingenieur, und gehört daher zu einer der Pflichtveranstaltungen in jedem Studienfach in den Ingenieurwissenschaften. Die Schwierigkeiten der Studierenden mit Mathematik hören nicht auf, indem die Studierenden ihre Mathematikklausuren bestehen. Schlechte mathematische Kenntnisse hängen Studierenden „wie ein Stein am Hals“; die Auswirkungen „ziehen sich durch das gesamte Studium“ (vom Lehn, 2009). Studien zeigen, dass Studierende mit guten Kenntnissen im Fach Mathematik eine größere Chance auf ein erfolgreiches Studium haben (Polaczek, 2007; Kurz, 2014). Auch in der beruflichen Karriere ist eine gute mathematische Grundbildung von großer Bedeutung. Im Berufsalltag des Ingenieurs – und auch vieler anderer Berufe – ist eine zunehmende Mathematisierung zu beobachten, z.B. durch die wachsende Anwendung von Computereperimenten und Simulationen (Polaczek et al., 2004).

Dieses Problem ist Hochschulen natürlich bekannt, und es findet sich kaum eine Hochschule, die nicht entsprechende Strategien und Anstrengungen unternimmt, um Studienabbrüchen auf Grund von mangelnden Mathematikkenntnissen in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen vorzubeugen. „Erfolgversprechend sind solche Strategien aber nur dann, wenn sie an den tatsächlichen Ursachen ansetzen; diese zu identifizieren ist daher ein wichtiger Schritt“ (Kurz, 2014).

Aber worin liegen die Probleme der Studierenden mit Mathematik begründet? Eine informelle Befragung von einigen Studierenden ergibt hierfür zwei Hauptgründe:

**(Punkt 1)** Studierende finden, dass es einen großen Sprung zwischen der Schulmathematik und der Uni-Mathematik gibt;

**(Punkt 2)** Studierende finden es schwierig die in den Mathematikvorlesungen diskutierten Konzepte zu verstehen und verlassen sich stattdessen auf auswendiggelernte „Rezepte“, um die Klausuren zu bestehen.

Auf die Tatsache (1), dass viele Studienanfänger mit mangelhaften mathematischen Vorkenntnissen von der Schule kommen, wurde schon in einige Studien hingewiesen (Polaczek, 2007; Kurz, 2014). Es ist inzwischen für die meisten Universitäten deshalb Usus, Brücken- oder

Vorbereitungskurse anzubieten, um die Kenntnisstände der Studierenden vor dem Studienbeginn einander anzugleichen (Dieter, 2012; Kurz, 2014).

Aber was kann man betreffend Punkt 2 unternehmen? Es darf wohl behauptet werden, dass es das „Gejammer“ der Studierenden über ihre Professoren schon so lange gibt, wie das Gejammer der Professoren über ihre Studierenden. Befragt man die Studierenden, so findet man heraus, dass viele Studierende sich lieber an private Anbieter von (kostenpflichtigen) Mathematikrepetitorien wenden, als in die Vorlesungen Ihrer Professoren zu gehen [Interview mit Fachschaft]. Die Nachfrage für Mathematiknachhilfe und Repetitorien bleibt immer noch hoch, obwohl es in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte in den Angeboten in der Studierendenbetreuung und -beratung gegeben hat, wie auch in der höheren Verfügbarkeit von Vorlesungen und Lernmaterialien im Netz. Das Phänomen scheint sogar zu wachsen: die FAZ berichtet, dass immer mehr Ingenieurstudierende sich in privaten Repetitorien auf ihre Prüfungen vorbereiten, obwohl Professoren beklagen und sogar auch manche Anbieter von Repetitorien zugeben, dass es in diesen Veranstaltungen „nur ums Bestehen und nicht ums Verstehen geht“ (vom Lehm, 2012a)

Wenn man jedoch annimmt, dass Ingenieursstudierende gut im Schulfach Mathematik gewesen sein müssen, um überhaupt ein MINT-Studienfach in Erwägung zu ziehen, dann stellt sich die Frage, warum sie so große Schwierigkeiten mit der Uni-Mathematik haben. Das Millennium Mathematics Project, eine Zusammenarbeit zwischen der „Faculty of Mathematics“ und der „Faculty of Education“ der University of Cambridge, hat hierfür acht mögliche Ursachen identifiziert:

#### **Prozedural-orientiertes Denken**

Studierenden gelingt es oft Mathematik Klausuren zu bestehen, indem sie einfach nur „Rezepte“ befolgen. Bei komplexeren physikalischen Problemstellungen ist dies jedoch nicht mehr möglich.

#### **Mangelnde Fähigkeit mathematische Aussagen physikalisch zu interpretieren**

Selbst Studierende mit gutem mathematischen Wissen, bekommen oft Probleme, wenn sie einen mathematischen Prozess auf einen realen Kontext beziehen und die mathematischen Ergebnisse interpretieren sollen.

#### **Mangelnde Fähigkeit ein physikalisches Problem in ein mathematisches Modell zu überführen**

Beim Modellieren kommt es darauf an eine korrekte mathematische Beschreibung eines physikalischen Ereignisses zu entwickeln. Dieser Prozess ist sehr anspruchsvoll und erfordert daher ein Höchstmaß an mathematischer Kompetenz.

### **Mangelnde Fähigkeiten Abschätzungen oder Approximationen durchzuführen**

Sowohl physikalische als auch ingenieurwissenschaftliche Problemstellungen sind oft sehr kompliziert. Damit Voraussagen durch Mathematik überhaupt möglich werden, ist es daher oftmals nötig geeignete Abschätzungen und Approximationen zu verwenden.

### **Mangel an Problemlösungskompetenz**

Physikalische und ingenieurwissenschaftliche Probleme liegen meistens nicht schon direkt in einer mathematischen Formulierung vor. Daher muss man zunächst die Situation analysieren und eine geeignete mathematische Beschreibung finden bevor man das Problem lösen kann.

### **Mangelnde Erfahrung mit arithmetischen Berechnungen oder komplexen Fragestellungen**

Mangelndes mathematisches Praxiswissen führt oft zu Problemen. Studierende machen oft Fehler bei arithmetischen Umformungen und haben häufig mangelnde Erfahrung komplexe Fragestellungen mathematisch anzugehen.

### **Mangel an Selbstvertrauen**

Ein Mangel an Selbstvertrauen entsteht aus Unsicherheit und Misserfolgen. Studierende mit Angst vor Mathematik, werden mit hoher Wahrscheinlichkeit wenig leistungsfähig sein.

### **Mangel an mathematischem Interesse**

Studierende sind hoffentlich durch ihr Interesse an Wissenschaft und deren Anwendung auf Praxisprobleme getrieben. Wenn Mathematik jedoch ohne Bezug hierauf vermittelt wird, sehen Studierende in ihr keinen Sinn und erleben sie nur als schwierig und langweilig.

In diesem Projekt, beabsichtigen wir die oben genannten acht Punkte zu verbessern, indem wir unsere Aufmerksamkeit und Anstrengungen auf den weiter oben genannten Punkt 2 richten.

## Persönliche Motivation

Als Professorin in der Fakultät für Bauingenieurwesen höre ich von den Problemen hoher Durchfallquoten in der Mathematik, den damit verbundenen hohen Abbruchquoten, sowie dem Rückgang der Mathematikkenntnisse von Studierenden, die es durch den Rest des Studiums schaffen. Ich mache mir Sorgen um die Qualität der Studierenden, die wir ausbilden, wenn ich von Kollegen höre, die die Notenschlüssel anpassen, nur um die gewünschten Bestehensquoten zu erreichen. Ich bin beunruhigt, wenn ich mir vorstelle, dass es dadurch möglicherweise Ingenieure mit Universitätsabschluss gibt, die keine ausreichenden Mathematikkenntnisse auf Basisuniversitätsniveau haben. Ich sehe es daher als extrem wichtig an, dass die mathematischen Kenntnisse und Fähigkeiten unserer Absolventen weiterhin auf einem hohen Niveau bleiben. Es geht hierbei um den Ruf der Fakultät, der Universität, und, da diese Probleme an den meisten deutschen Universitäten in gleicher Form bestehen, auch um den Ruf des gesamten Bildungsstandort Deutschland.

Als Hochschullehrerin bekomme ich außerdem mit, wie viel Angst die Studierenden vor der Mathematiklausur im ersten Semester haben, so dass sie diese sogar oft auf ein späteres Semester verschieben. Ich merke auch, wie einige meiner Studierenden in meinen Vorlesungen Probleme im Umgang mit grundlegenden mathematischen Konzepten aufzeigen, insbesondere Konzepten die sie eigentlich schon beherrschen sollten. Ich sehe daher, wie diese ganze Problematik zu einer großen Verschwendung von Zeit und Ressourcen führt, nicht nur für die Studierenden, sondern auch für die Dozenten, die Universität, und die Gesellschaft. Daher halte ich es für überaus sinnvoll einen Teil meiner Zeit und Energie einzusetzen, um diesen Zustand zu verbessern.

Als Ingenieurin ohne formalen mathematischen Abschluss, kann ich mir vorstellen wie eine Mathematikvorlesung, die von einem Mathematiker in einer „ganz anderen Sprache“ gehalten wird, sehr schnell über den Horizont der Studierenden hinausgeht. Ich kann daher auch nachvollziehen, dass die Studierende nach ein paar Terminen nicht mehr kommen, wenn Sie das Gefühl haben, nichts mehr in der Vorlesung verstehen zu können, oder wenn Themen in der Vorlesung vom Dozenten als „trivial“ bezeichnet werden, obwohl sie für die Studierende alles andere als „trivial“ sind [Erstiinfo]. Ich kann auch verstehen, dass Vorlesungen, die ausschließlich auf Beweise und Abstraktionen fokussiert und keinerlei Bezug zu realen Anwendungen aufweisen, an denen Ingenieure interessiert sind, auf Studenten einschüchternd und unattraktiv wirken. Als Ingenieurin, die zwar keinen formalen mathematischen Abschluss besitzt, die aber trotzdem in angewandter Mathematik forscht, weiß ich aber aus eigener Erfahrung, dass es möglich ist, Mathematik so zu erklären, dass es für Ingenieure verständlich sein kann.

Als Wissenschaftlerin in einem angewandten mathematischen Bereich, merke ich immer wieder, wie wichtig Mathematik bei der Lösung von technischen Problemen ist, und wie wesentlich sie zum technologischen und wissenschaftlichen Fortschritt der Gesellschaft beiträgt. Außerdem ist es meine Überzeugung, dass die logische Denkweise, die man durch die Beschäftigung mit Mathematik erlangt, nicht nur für Wissenschaftler, sondern auch für alle Mitglieder der Gesellschaft nützlich ist.

Als Forscherin in dem interdisziplinären Forschungsgebiet Computational Engineering, merke ich wie wichtig es ist, bereit und fähig zu sein, die „Sprache“ anderer Fachgebiete sprechen und verstehen zu können. Etliche Erfahrungen in „dem Sprechen von anderen Sprachen“ habe ich schon gesammelt. Ich bin ausgebildete Physikerin, die in den USA in Bauingenieurwesen unter der Betreuung von einem angewandten Mathematiker (der Professor in der Fakultät für Maschinenbau war) promoviert hat. Ich arbeite in einer Graduiertenschule, in der Informatiker, Naturwissenschaftler, und Ingenieure forschen. Ich bin Bauingenieurin, mein direkter Nachbar Informatiker, meine Doktorand(inn)en Mathematiker(innen). Die wachsende Bedeutung von interdisziplinärer Zusammenarbeit --- nicht nur an der Universität, sondern auch besonders in der Industrie --- macht die Fähigkeit zur Kommunikation mit Experten anderer Fachbereiche zu einer zentralen Qualifikation, die wir unseren Studierenden beibringen müssen.

Als Frau kann ich aus eigener Erfahrung nachvollziehen, weshalb Frauen in der Wissenschaft und Technik kündigen, wenn sie das Gefühl haben, nicht so gut zu sein wie die anderen. Ich kann nachvollziehen, wie Schwierigkeiten in so einer wesentlichen Pflichtveranstaltung wie Mathematik, dazu führen, dass das Selbstvertrauen einer Ingenieurstudentin drastisch sinkt oder sogar zerstört wird. Als Frau und „Ausländerin“ weiß ich aus eigener Erfahrung, wie wichtig es ist, sehen zu können, dass jemand wie ich – trotz aller Schwierigkeiten – einen Ingenieurabschluss, eine Promotion, oder beruflichen Erfolg in einer ingenieurwissenschaftlichen Karriere erreichen kann.

Letztendlich mache ich mir als Mutter von zwei Töchtern Sorgen um die Ausbildung meiner Kinder. Ich mache mir Sorgen, wenn ich in Zeitungsartikeln lese, dass Studienanfänger „erhebliche Defizite in den [mathematischen] Grundlagen“ [von Lehn, Frank. Rundschau] aufweisen, so dass sie kein Bruchrechnen und keine Gleichungen mehr lösen können“ [FAZ]; dass diese „Defizite ... enorm zugenommen haben“ [FAZ]; und dass „Schüler ... heute so viele Kompetenzen [erwerben], dass sie vor lauter Kompetenz nicht mehr rechnen können“ [FAZ].

In meiner eigenen Hochschule werden bereits große Anstrengungen unternommen, um die Lücke zwischen Schulmathematik und Uni-Mathematik zu füllen [OMB+]. Mit meinem Hintergrund, meinen Fähigkeiten, und dem Bewusstsein über die Bedeutung der Mathematik, fühle ich mich aber verpflichtet etwas gegen die Wahrnehmung vieler Ingenieurstudierenden zu unternehmen, dass Mathematik unverständlich sei.

## Ziele

Die geplanten Lehrinnovation haben die folgenden übergreifenden Ziele:

- 1) Open Educational Resources (OER) spezifisch für Mathematik für Ingenieure zu konzipieren, zu erzeugen, und zur Verfügung zu stellen.
- 2) Der aktuellen (mathematikbedingten) hohen Abbruchquote und den Durchfallquoten in Mathematik in den Ingenieurwissenschaften vorzubeugen.
- 3) Die für technische und wissenschaftliche Entwicklungen so kritischen Mathematikgrundkenntnisse der Ingenieurabsolventen zu verbessern.
- 4) Anreize für die Entwicklung und Erprobung von sowohl digital gestützten Lehrformaten als auch interdisziplinären Lehrmethoden zu schaffen.
- 5) Anregungen zur Diskussionen über die Auswirkung interdisziplinärer Lehrmethoden in der Ingenieurmathematik auf die Durchfallquoten.

Um die oben genannten Hauptziele zu erreichen, haben wir folgende spezifischen Ziele festgesetzt:

- 1) Die Studierenden zu finden und diesen zu helfen, die es am meisten benötigen, z.B. diejenigen, die bereits durchgefallen sind.
- 2) Themen herauszufinden und auszuwählen die für die Studierende problematisch sind.
- 3) Wege zu finden, diese Themen so zu erklären, dass die Ingenieurstudierenden sie besser verstehen können.
- 4) Verknüpfungen zwischen Mathematik und realen Anwendungen zu zeigen, um Mathematik in Bezug auf praktische Problemstellungen aus den Ingenieurwissenschaften darzustellen.
- 5) Diese Themen in kurzen, eigenständigen Videos zu erklären, die dann als OER-Materialien zur Verfügung gestellt werden.

Um uns auf diese Ziele zu konzentrieren, machen wir folgende Einschränkungen:

- 1) In diesem Projekt geht es nicht darum, mangelhafte schulische Vorkenntnisse nachzuholen, da es schon (unserer Meinung nach) zahlreiche Angebote (z.B., Vorkurse, OMB+, etc.) gibt, die diese Problematik adressieren.
- 2) In diesem Projekt geht es auch nicht darum, einfach Videoaufnahmen kompletter Mathematikvorlesungen zu produzieren und ins Netz zu stellen, sondern darum kurze Videos zu mathematischen Themen zu machen, die für Ingenieurstudierende Stolpersteine darstellen.

## Lehrinnovation

In diesem Projekt werden Lehrvideos zu ausgewählten Themen in der Ingenieurmathematik konzipiert, produziert, und zur Verfügung gestellt. Die geplanten Lehrvideos unterscheiden sich von aktuellen digitalen Angeboten in den folgenden Punkten:

Spezifische Themen werden basierend auf der Leistung und Rückmeldung der Teilnehmer eines Repetitoriums ausgewählt. Studentische Teilnahme an dem Repetitorium ist freiwillig, (natürlich) beitragsfrei, und in dieser Anfangsphase auf Studierende mit hohem Bedarf an Mathematiknachhilfe eingeschränkt (d.h., Studierende die bereits durchgefallen sind). Dieser Ansatz greift daher direkt das Problem der hohen Durchfallquote in Mathematik auf.

Die Videos werden, in dieser Anfangsphase, nicht als komplette Vorlesung konzipiert, sondern sind beschränkt auf Themen, die für die Studierenden schwierig zu verstehen sind. In dieser Hinsicht unterscheidet sich dieser Ansatz von aktuellen MOOCs, die für Studierende mit starken mathematischen Vorkenntnissen konzipiert wurden (Fradkin, 2014).

Das Repetitorium wird von einer Dozentin angeboten, die Erfahrung in der interdisziplinären (d.h. mathematischen und ingenieurwissenschaftlichen) Lehre und Forschung hat, und daher die Fähigkeit hat, Mathematik in der eigenen Sprache der Ingenieure zu erklären, und in ingenieurwissenschaftliche Anwendungen zu verankern. Es ist bekannt, dass neue Konzepte besser erlernt werden können, wenn Verbindungen zum Vorwissen oder den Interessen einer Person geknüpft werden können (Fradkin, 2014). Außerdem empfehlen verschiedene Arbeitskreise der „Mathematics Association of America“, dass die Mathematikausbildung in nicht-mathematischen Fachdisziplinen anwendungsorientiert sein sollte; die Studierenden sollen sich mit Problemen auseinandersetzen, in denen die Mathematik tief in einer konkreten wissenschaftlichen Anwendung eingebettet ist, am besten aus der eigenen Fachdisziplin (Banchoff, 2002).

Die entwickelten Materialien werden als Open Educational Resources veröffentlicht (z.B., auf dem YouTube Channel der RWTH Aachen University). Um ihre Reichweite und Nützlichkeit so groß wie möglich zu gestalten, werden die Videos kurz und eigenständig gehalten, und werden in Deutsch und Englisch erstellt. Die Videos werden auch in der Datenbank der Universitätsbibliothek der RWTH Aachen verschlagwortet, damit sie für die Öffentlichkeit besser zugänglich sind.

In der Anfangsphase werden die Videos in den Studiengängen der Fakultät für Bauingenieurwesen verwendet und erprobt. Es ist aber vorgesehen, dass die erstellten Ressourcen allgemein in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen verwendet werden können.

Die Video-Materialien werden in Zusammenarbeit mit dem Institut „Medien für Lehre“ der RWTH Aachen erstellt. „Medien für Lehre“ ist eine fakultätsübergreifende Serviceeinheit der RWTH, die unter anderem die professionelle Produktion und Bearbeitung von Lehrvideos an Lehrende der Hochschule kostenfrei anbietet.

Einerseits hoffe ich durch die Fellowship eine breitere Perspektive auf verschiedenartige Lehr- und Lernkonzepte als auch neue Ideen durch die Interaktion mit den anderen Fellows zu gewinnen. Im Besonderen hoffe ich mich mit Wissenschaftlern austauschen zu können, die eine große Erfahrung im wissenschaftlichen Testen von Lehrmethoden besitzen. Dies würde erheblich zum Erfolg meines vorgeschlagenen Projektes beitragen. Andererseits erhoffe ich mir auch, dass ich meinen unkonventionellen persönlichen Hintergrund nutzen kann, um einen einzigartigen Blickwinkel in die Diskussion einzubringen. Schließlich, würde die Fellowship es mir erlauben zu tun, was ich wirklich gerne tue, und gleichzeitig ein dringliches Problem in der Hochschulbildung anzugehen.

## Erprobung und Beurteilung

Der Erfolg des Projektes kann durch die folgenden Punkte bewertet werden:

- Betrachtung der Bestehensquoten der Studierenden, die am Repetitorium teilgenommen haben. Daraus lässt sich ableiten, ob eine Änderung der Lehrmethoden zu einer Verbesserung geführt hat. Wir weisen darauf hin, dass alle Studierenden, die die Klausur schreiben (sowohl die am Repetitorium teilnehmenden als auch die nicht teilnehmenden), die gleichen Prüfungsaufgaben erhalten.
- Auswertung der Fragebögen zum Vergleich verschiedener Lehrmethoden, um die Wahrnehmung der Studierenden über die Wirksamkeit der Methoden zu messen.
- Betrachtung der Bestehensquoten der Studierenden, die (in Zukunft) die Videos als Ergänzung zur Mathematikvorlesung nutzen. Diese Ergebnisse können jedoch erst nach der Finanzierungsphase der Fellowship analysiert werden.

Die Hauptrisiken sind die Folgenden:

- Die Durchfallquote könnte auch nach den stärker ingenieuranwendungsorientierten Repetitorien nicht signifikant besser werden.
- Es ist möglich, dass das Repetitorium die Durchfallquoten verbessert, aber die davon erstellten Videos dies nicht tun. Dies lässt sich erst nach dem Ende der Förderungsperiode ermitteln.

## Bibliographie

- Argawala, A. (2016). Buch vorm Kopf. *DIE ZEIT* Nr. 24/2016, 2. Jun 2016.
- Artigue, M. (1999). The Teaching and Learning of Mathematics at the University Level: Crucial Questions for Contemporary Research in Education. *Notices of the American Mathematical Society*, 46(11):1377-1385.
- Ash, K. (2012). Educators View ‚Flipped‘ Model With a More Critical Eye. *Education Week*, 32(02):6-8.
- Banchoff, T. & Salem, A. (2002). Bridging the Divide: Research Versus Practice in Current Mathematics Teaching and Learning. In Huber, M.T., Morreale, S.P. (Ed.), *Disciplinary Styles in the Scholarship of Teaching and Learning: Exploring Common Ground*, 180-196.
- Bosse, K. (2014). MINT-Fächer: Hohe Gehälter, Note Egal!“ *ZEIT Campus* Nr. 4/2014, 10. Jun 2014.
- Brame, C. (2013). Flipping the classroom. Vanderbilt University Center for Teaching. URL: <http://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/flipping-the-classroom/> (Stand: 10. Aug 2016).
- Dieter, M. (2012). Studienabbruch und Studienfachwechsel in der Mathematik: Quantitative Bezifferung und empirische Untersuchung von Bedingungsfaktoren. *Dissertation, Universität Duisburg-Essen*.
- Ellis, J., Fosdick, B.K. & Rasmussen, C. (2016). Women 1.5 Times More Likely to Leave STEM Pipeline after Calculus Compared to Men: Lack of Mathematical Confidence a Potential Culprit. *PLOS ONE*, 11(7): e0157447. doi:10.1371/journal.pone.0157447
- Erixon, P. (2011). University Mathematics Students' Learning Difficulties. *Education Inquiry*, 2(2): 289-303.
- Fradkin, L. (2014). On MOOCs for Engineering Maths. *International Conference on Engineering Education (ICEE/ICIT)*, Latvia, 2014.
- Griffiths, R.J., Mulhern, C. & Spies, R. (2014). Adopting MOOCs on Campus: A Collaborative Effort to Test MOOCs on Campuses of the University System of Maryland. *Online Learning Journal* 19(2).
- Heublein U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. *Forum Hochschule* 4/2014.
- Kuo, M. (2016). Low math confidence discourages female students from pursuing STEM disciplines.“ *Science Careers*, 22. Jul 2016. URL: <http://www.sciencemag.org/careers/2016/07/low-math-confidence-discourages-female-students-pursuing-stem-disciplines> (Abgerufen am 10. Aug 2016). doi: 10.1126/science.caredit.a1600110
- Kurz, G., Metzger, G. & Linsner, M. (2014). Studienerfolg und seine Prognose. Eine Fallstudie in Ingenieurstudiengängen der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Esslingen. In Rentschler, M., Metzger, G. (Hrsg.), *Perspektiven angewandter Hochschuldidaktik - Studien und Erfahrungsberichte*, 13-79.
- Mathematical Issues for Physicists and Engineers (o. J.). *Millennium Mathematics Project: NRICH Enriching Mathematics*, University of Cambridge. URL: <http://nrich.maths.org/6513> (Stand: 10.08.2016)
- Polaczek, C. (2007). Studienerfolg in den Ingenieurwissenschaften. Eingangsvoraussetzung – Prognose – Validität. *Beiträge zum Mathematikunterricht*, 41. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (25. Mär – 30. Mär 2007, Berlin). URL: <http://hdl.handle.net/2003/30963> (Stand: 10.08.2016).

Polaczek, C. & Steinebach, G. (2004). Ausbildung in Ingenieurmathematik – Ein Spagat zwischen Anspruch und Wirklichkeit. *Arbeitskreis Ingenieurmathematik NRW*. URL: <http://www.iuk.fh-dortmund.de/~ingmath/fachdidaktik.pdf> (Stand: 10.08.2016).

vom Lehn, B. (2009). Mathematik oder das Leid mit den Zahlen. *Die Welt*, 12. Okt 2009. URL: <http://www.welt.de/4816343> (Stand: 10.08.2016).

vom Lehn, B. (2012a). Nachhilfe für Hochschüler. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 25. Feb 2012. URL: <http://www.faz.net/~gyl-6xr0v> (Stand: 09.08.2016).

vom Lehn, B. (2012b). Beim Wurzelziehen versagt. *Frankfurter Rundschau*, 21. Sep 2012. URL: <http://www.fr-online.de/wissenschaft/studium-beim-wurzelziehen-versagt,1472788,17574924.html> (Stand: 09.08.2016).

Wu, H. (1999). Basic skills versus conceptual understanding. *American Educator*, 23(3), 14-19.

Yuan, L & Powell, S. (2013). MOOCs and Open Education: Implications for Higher Education. *Centre for Educational Technology & Interoperability Standards*. URL: <http://publications.cetis.ac.uk/2013/667> (Stand: 10.08.2016)

Zucker, S. (1996). Teaching at the University Level. *Notices of the American Mathematical Society* 48(8):863-865.