

Dennis GALLAUN, Hamburg & Karsten KRUSE, Hamburg & Christian SEIFERT, Hamburg

## **Anwendungsbezogene elektronische Übungsaufgaben in Ingenieurmathematik**

Ein wesentlicher Aspekt einer Lehrveranstaltung zur Ingenieurmathematik ist der konkrete Bezug der mathematischen Inhalte zu den persönlichen Anwendungsfächern – wie Elektrotechnik oder Mechanik – der Studierenden. In großen Kursen, in denen unterschiedliche Studiengänge gleichzeitig unterrichtet werden, lässt sich dies mittels Übungsaufgaben in personalisierten E-Assessments recht einfach umsetzen. Dies wird in diesem Beitrag am Beispiel der Grundlagenveranstaltungen „Mathematik I“ und „Mathematik II“ an der Technischen Universität Hamburg (TUHH) beschrieben.

### **1. Ausgangssituation**

Die Module „Mathematik I“ und „Mathematik II“ an der TUHH der ersten beiden Fachsemester beinhalten Lehrveranstaltungen mit 1200 Studierenden aus 13 Ingenieur-Studiengängen. In diesen Modulen werden die mathematischen Grundlagen für die eigentlichen Kernfächer der Studierenden gelegt. Für die Studierenden ist dieser hohe Anteil an Mathematik, auch in ihrer Tiefe, oft eine Überraschung, da sich ihre Erwartungen an ihr Studium oft an ihrer Vorstellung von den Tätigkeiten eines fertigen Ingenieurs orientieren (Rooch, Junker, Härterich & Hackl, 2016, S. 172-173). Ohne eine Verknüpfung der Mathematik-Veranstaltungen mit den Kernfächern der Studierenden kann es zu einem Verlust an Interesse und Motivation kommen, dadurch zu einer sinkenden Lernbereitschaft und Leistung, was wiederum die Motivation senkt und in eine Abwärtsspirale führt (Glessmer, Seifert, Dostal, Konchakova & Kruse, 2016a, S. 65). Um diesem Problem entgegenzuwirken, können die mathematischen Grundlagenveranstaltungen schon früh mit den Kernfächern verknüpft werden, so dass die Studierenden die Mathematik nicht als isoliert, sondern relevant für ihr Kernfach wahrnehmen, sowie der Transfer zur Anwendung erleichtert wird (Diercksen, 2005, S. 223-224). Eine Möglichkeit dazu bieten mathematische Aufgaben oder Projekte mit Bezug zum Kernfach (Alpers, 2002; Rooch et al., 2016). An der TUHH haben wir uns aufgrund der Größe der Mathematik-Veranstaltungen und der Heterogenität der Ingenieur-Studiengänge für mathematische Aufgaben in elektronischer Form, d.h. mittels E-Assessment, mit Bezug zum Kernfach entschieden.

### **2. Vorteile von E-Assessment Systemen**

Die Nutzung von E-Assessment Systemen bietet in mehrerer Hinsicht ein hohes Maß an Individualisierung. Organisatorisch können die Studierenden recht

einfach in Gruppen eingeteilt werden, welche sich an ihren Kernfächern orientieren. Inhaltlich können die elektronischen Aufgaben adaptiv gestaltet werden, das heißt, sie reagieren in Abhängigkeit von der Bearbeitung unterschiedlich. Eine richtige Bearbeitung kann zum Stellen einer passenden Folgeaufgabe führen, während eine falsche Bearbeitung eine schrittweise Hilfestellung ausgibt (Bull & McKenna, 2004, S. 76-77; Gallaun, Kruse & Seifert, 2019). Zudem können die elektronischen Aufgaben randomisiert werden, wodurch beliebig viele Varianten einer Aufgabe erstellt werden können (Sangwin, 2013, Kapitel 4), deren Gleichwertigkeit man durch den Erstellungsalgorithmus kontrollieren kann. Außerdem bieten E-Assessment Systeme durch automatische Korrektur sowohl ein automatisiertes instantanes Feedback an die Studierenden, als auch aus Lehrendensicht eine Reduzierung des Korrekturaufwands (Bull & McKenna, 2004, S. 5-8; Gallaun et al., 2019). Weiterhin lassen sich die in elektronischer Form vorliegenden Ergebnisse der Studierenden für Learning Analytics (Lang, Siemens, Wise & Gašević, 2017) sowie zur Kontrolle der Aufgabenqualität (z.B. Trennschärfe) nutzen. Unter den momentanen Bedingungen der Corona-Pandemie ist die räumliche und zeitliche Unabhängigkeit der Verfügbarkeit des E-Assessments natürlich ein weiterer großer Vorteil.

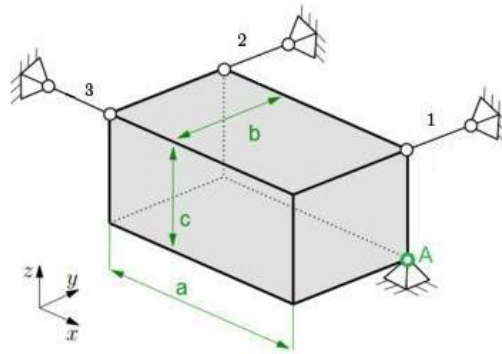
### **3. Konkrete Umsetzung von fachspezifischen E-Assessments**

Die fachspezifischen Aufgaben bedürfen zuerst einer Analyse der thematischen Inhalte in den Mathematik- und Kernfach-Veranstaltungen, um passende Aufgaben zu identifizieren. Bei den Kernfächern haben wir uns auf Mechanik und Elektrotechnik beschränkt, da diese von allen Teilnehmer\*innen der Grundlagenveranstaltungen „Mathematik I“ und „Mathematik II“ besucht werden. Diese Aufgaben waren bei uns in der Regel Modellierungsaufgaben, deren mathematischer Inhalt zunächst einmal bestimmt werden musste (Kruse, Dostal, Glessmer, Konchakova & Seifert, 2017, S. 234). Ein Problem, das hier bei uns aber auch bei anderen zu Tage trat, war die Asynchronität der benötigten Inhalte zwischen den Mathematik- und Mechanik- bzw. Elektrotechnik-Veranstaltungen (Lehmann & Rösken-Winter, 2014, S. 715; Kruse et al., 2017, S. 233). Deswegen haben wir den Modellierungsanteil auf ein Minimum reduziert, nämlich auf ein gegebenes mathematisches Modell und Problem, was zwischen Schritt 3 und 4 im Modellierungszyklus liegt (Blum & Leiß, 2007). Unsere praktische Umsetzung besteht in wöchentlichen elektronischen Aufgaben zur Mathematik, die zum jeweils passenden Zeitpunkt um fachspezifische Aufgaben ergänzt werden.

### **4. Beispiele konkreter Aufgaben**

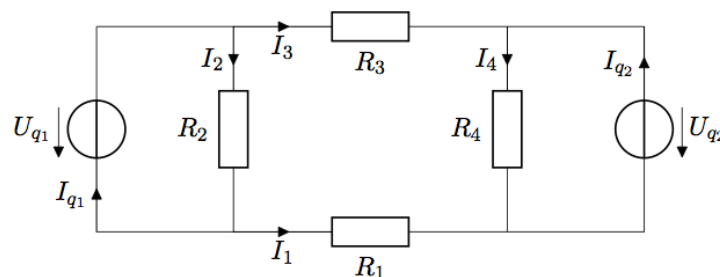
Ein wichtiger Teil der Grundlagenveranstaltung „Mathematik I“ ist das Aufstellen und Lösen linearer Gleichungssysteme. Im Folgenden zeigen wir je eine klassische Aufgabe aus der Mechanik (Glessmer et al., 2016a, S. 69) bzw. Elektrotechnik, mit denen genau diese mathematischen Kompetenzen geübt werden können.

Kräftegleichgewicht: Gegeben ist der Aufbau eines Quaders in Abbildung 1, der durch die Lager und Stäbe im Gleichgewicht gehalten werden soll. Dabei heben sich wirkende Kräfte gegenseitig auf, sodass der Körper im Stillstand bleibt. Mittels Kräfte- bzw. Momentengleichgewichten ist ein lineares Gleichungssystem zur Bestimmung der Lagerkräfte am Punkt A und der Stabkräfte der drei Stäbe 1, 2 und 3 aufzustellen und dieses zu lösen. Eine Randomisierung kann über die Abmessungen des Quaders erfolgen.



**Abb. 1:** Quader, der durch Lager und Stäbe im Gleichgewicht gehalten wird.

Netzwerkanalyse: Gegeben ist in Abbildung 2 ein Widerstandsnetzwerk, das durch zwei ideale Gleichspannungsquellen  $U_{q1}$  und  $U_{q2}$  erregt wird. Unter randomisiert gegebenen Spannungen und Widerständen ist mit Hilfe der Knoten- und Maschengleichungen ein lineares Gleichungssystem zur Bestimmung der unbekanntenen Ströme aufzustellen und dieses zu lösen.



**Abb. 2:** Widerstandsnetzwerk, das durch zwei Spannungsquellen erregt wird.

Trotz unterschiedlicher Anwendungsbereiche sind die Aufgaben mathematisch nahezu identisch. Die resultierenden Gleichungssysteme haben die gleiche Größe und eine ähnliche Anzahl an nicht-Null Einträgen. Beide Aufgaben sind daher bei geeigneter Wahl der Parameter vergleichbar.

## 5. Evaluation

Eine erste qualitative Evaluation ergab, dass den Studierenden die Verbindung der mathematischen Inhalte mit ihren Anwendungsfächern durch die Aufgaben viel klarer geworden ist. Außerdem besteht der studentische Wunsch nach einem Ausbau dieser Verzahnung von Mathematik mit den Anwendungsfächern (Glessmer, Seifert, Dostal, Konchakova & Kruse, 2016b, S. 235-236).

## Literatur

- Alpers, B. (2002). *Mathematical application projects for mechanical engineers – concept, guidelines and examples*. In M. Borovcnik, & H. Kautschitsch (Hrsg.), *Technology in Mathematics Teaching, Proc. ICTMT 5, Klagenfurt 2001*, Schriftenreihe Didaktik der Mathematik (Vol. 25, S. 393–396). Wien: öbv & hpt.
- Blum, W., & Leiß, D. (2007). *How do Students and Teachers Deal with Modelling Problems?* In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Hrsg.), *Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics* (S. 222–231). Chichester: Horwood. doi:10.1533/9780857099419.5.221
- Bull, J., & McKenna, C. (2004). *Blueprint for computer-assisted assessment*. London: RoutledgeFalmer.
- Diercksen, C. (2005). *Mathematik im Technik-Grundstudium – neue Ansätze unter Berücksichtigung von Gender-Aspekten*. *Global Journal of Engineering Education*, 9(3), 223–226.
- Gallaun, D., Kruse, K., & Seifert, C. (2019). *Adaptive Übungs- und Prüfungsaufgaben in Mathematik mit hochwertiger Bewertung*. In D. Schott (Hrsg.), *Proc. 15. Workshop Mathematik in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen, Rostock-Warnemünde* (Vol. 2, S. 18–24). Wismar: Gottlob-Frege-Zentrum.
- Glessmer, M. S., Seifert, C., Dostal, L., Konchakova, N., & Kruse, K. (2016a). *Individualisierung von Großveranstaltungen. Oder: Wie man Ingenieurstudierenden die Mathematik schmackhaft macht*. In W. D. Paravicini, & J. Schnieder (Hrsg.), *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2015, Schriften zur Hochschuldidaktik Mathematik* (Vol. 3, S. 64–75). Münster: WTM-Verlag.
- Glessmer, M. S., Seifert, C., Dostal, L., Konchakova, N., & Kruse, K. (2016b). *Providing opportunities for individual practice and assessment in a large undergraduate mathematics course*. In P. Kapranos (Hrsg.), *Sixth International Symposium of Engineering Education, Proc. ISEE 2016, Sheffield* (S. 13–20). Padstow, UK: TJ International. doi:10.15131/shef.data.3507380.v1
- Kruse, K., Dostal, L., Glessmer, M. S., Konchakova, N., & Seifert, C. (2017). *Conception of online e-assessment exercises for math courses with elements from mechanical engineering*. In G. Kammassch, H. Klaffke, & S. Knutzen (Hrsg.), *Technische Bildung im Spannungsfeld zwischen beruflicher und akademischer Bildung: die Vielfalt der Wege zu technischer Bildung, Proc. IPW 2016, Hamburg* (S. 232–236). Siegen: Universität Siegen – UniPrint. doi:10.15480/882.1394
- Lang, C., Siemens, G., Wise, A., & Gašević, D. (2017). *Handbook of Learning Analytics*. Beaumont, Alberta: SoLAR. doi:10.18608/hla17
- Lehmann, M., & Rösken-Winter, B. (2014). *Studie zur Untersuchung von Problemlösekompetenzen bei Ingenieursstudierenden im ersten Studienjahr*. In J. Roth, & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (Vol. 2, S. 715–718). Münster: WTM-Verlag. doi:10.17877/DE290R-5105
- Rooch, A., Junker, P., Härterich, J., & Hackl, K. (2016). *Linking mathematics with engineering applications at an early stage – implementation, experimental set-up and evaluation of a pilot project*. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 172–191. doi:10.1080/03043797.2015.1056095
- Sangwin, C. (2013). *Computer aided assessment of mathematics*. Oxford: Oxford University Press.