

**Dominik MAY¹, Nina SCHIFFELER, Tobias R. ORTELT,
Frigga GOECKEDE, Sulamith FRERICH, Diana KEDDI,
Valerie STEHLING, Anja RICHERT, Sabina JESCHKE,
Marcus PETERMANN & A. Erman TEKKAYA
(Dortmund, Aachen, Bochum)**

Internationalisierung und Digitalisierung in den Ingenieurwissenschaften

Zusammenfassung

Die Digitalisierung bietet für die Internationalisierung besondere Chancen. Dabei kann die Nutzung digitaler Formate sowohl im Bereich der Internationalisierung der Hochschule und ihrer Außenwirkung als auch in der Öffnung der Lehre für eine internationale Studierendenschaft neue Wege ermöglichen. Der Beitrag zeigt die Breite dieser Potenziale und erläutert diese anhand konkreter Beispiele. Im Rahmen eines Verbundprojekts in den Ingenieurwissenschaften von drei deutschen Hochschulen wurden unterschiedliche digitale Formate entwickelt, welche Aspekte der Begleitung von Studierendenaustauschen sowie der Umsetzung internationaler digitaler Zusammenarbeit beleuchten.

Schlüsselwörter

Digitalisierung, Recruiting, Summer School, internationaler Klassenraum, tele-operative Labore

¹ E-Mail: dominik.may@tu-dortmund.de



Internationalization and digitalization in engineering education

Abstract

Digitalization offers special opportunities for internationalization. In this context, the use of digital formats can open up new paths in both the university's internationalization and outreach, as well as potential new teaching processes suitable for the an international student body. This paper demonstrates the breadth of this potential and explains the possibilities using specific examples. As part of a collaborative project between three German universities of engineering science, different digital formats were developed. These formats cover the guidance of student exchanges, as well as the implementation of explicit international digital cooperation.

Keywords

Digitalization, summer school, international classroom, remote laboratories

1 Einleitung

Seitdem Konzepte des E-Learning ihren Weg in die Hochschulen gefunden haben und dort Bildungsprozesse nachhaltig verändern, ist diese Entwicklung auch von der Diskussion begleitet, ob digitale Lehr-Lernformate mehr Chancen oder Gefahren für die klassischen Präsenzuniversitäten bieten (vgl. SIEMENS, 2013; JESCHKE, 2015). Dennoch ist unbestritten, dass die weiterhin zunehmende Digitalisierung von Informations- und Kommunikationsprozessen in der Gesellschaft sich auch in der Hochschule und dort in den Bildungsprozessen als eine der zentralen Aufgaben der Hochschule widerspiegeln muss (vgl. AMIRAULT, 2012). Es ist daher weiterhin eine der zentralen Gestaltungsaufgaben in der Hochschulbildung, Potenziale des E-Learning nicht nur zu heben, sondern aktiv, zielführend und empirisch fundiert zu entwickeln. Dies gilt im Besonderen für den Bereich der Internationalisierung von Lehre, Curricula und Hochschulen selbst, da Digitalisierung

und Internationalisierung bisher kaum in einem strategischen Gesamtkonzept gesehen werden (EU, 2014; HOCHSCHULFORUM DIGITALISIERUNG, 2016).

Das BMBF-geförderte Projekt „ELLI 2 – Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften“ (Kooperation der RWTH Aachen University, der Ruhr Universität Bochum und der Technischen Universität Dortmund) nimmt sich dieser vielschichtigen Herausforderungen an und entwickelt auf mehreren Ebenen Konzepte für die Internationalisierung der Lehre und Curricula mit Hilfe digitaler Medien im Kontext der Ingenieurwissenschaften. Der Beitrag stellt eine Auswahl der verfolgten Maßnahmen vor und erläutert jeweils die Motivation, Herangehensweise und erzielten Ergebnisse. Ein Fokus wird hierbei auf die Nutzung digitaler Medien zur Vorbereitung von Auslandsaufenthalten und zur Bildung internationaler virtueller Arbeitsteams gelegt. Gerade Letzteres ist charakterisierend für die Praxis des Ingenieurberufs, da die Entwicklung, Produktion sowie Nutzung technischer Produkte und Anlagen zunehmend grenzüberschreitend stattfindet. Hier spielt auch die Zusammenarbeit über Ländergrenzen hinweg mit Hilfe digitaler Medien eine besondere Rolle (MAY, 2017).

2 Digital unterstützte Summer-Schools

Während die USA das beliebteste Auslandsziel für deutsche Ingenieurstudierende darstellen, ist das umgekehrte Interesse deutlich geringer (DAAD, 2013; BELY-AVINA et al., 2013). Während ein Haupthindernis auf amerikanischer Seite die Sprachbarriere darstellt (PARKINSON, 2007), erschweren auch die international unterschiedlichen Semesterzeiten eine curriculare Einbindung von Austauschprogrammen mit den USA. Eine Möglichkeit, diesen Herausforderungen zu begegnen und einen Aufenthalt in Deutschland für US-amerikanische Studierende attraktiver zu machen, sind Summer School Formate in englischer Sprache, die sich aufgrund ihrer kürzeren Dauer in ein amerikanisches Trimester integrieren lassen (SCHUBERT & JACOBITZ, 2013). Entsprechende Kooperationen bestehen an der Ruhr-Universität Bochum zum Beispiel zwischen dem Institut für Thermo- und Fluidy-

namik der Fakultät Maschinenbau und der Drexel-University in Philadelphia sowie der Virginia Tech University in Blacksburg.

Um den Gaststudierenden der Partnerhochschulen eine zielgerichtete Vorbereitung auf Summer-School-Aufenthalte zu ermöglichen und zugleich die Potentiale innovativer, digitaler Unterstützungsmöglichkeiten für internationale Hochschullehre zu nutzen, wurde in Bochum ein begleitendes Webcast und E-Learning-Format entwickelt, das den achtwöchigen physischen Auslandsaufenthalt der Gaststudierenden mittels virtueller Vorbereitung und Begleitung verlängert. Das unter dem Arbeitstitel „VTprep“ laufende Programm wurde erstmals im Sommersemester 2016 angeboten und wird seitdem beständig weiterentwickelt.

Den Rahmen hierfür bildet ein speziell auf die Bedarfe der Virginia-Tech-Studierenden abgestimmter Kurs der Online-Plattform Moodle, der in vier Hauptbereiche aufgeteilt ist: „Overview“ mit organisatorischen Informationen und wichtigen Terminen für den Aufenthalt; „Learning German“ mit Informationen zum begleitend stattfindenden Deutschkurs; „Research“ mit den Themenpatinnen/Themenpaten und späteren Betreuenden der wissenschaftlichen Aufgabenstellungen; und „Social“, der die RUB als gastgebende Universität mit ihren Campus-einrichtungen und den Ingenieur fakultäten vorstellt, aber auch andere Städte der Umgebung und mögliche Freizeitaktivitäten thematisiert.

Der Moodlekurs und seine Inhalte werden den US-amerikanischen Studierenden in Webcast-Sessions im Vorfeld ihrer Ankunft erklärt. Die Sessions werden über Adobe Connect abgehalten und stellen eine erste Möglichkeit der Kontaktaufnahme für Studierende und Organisierende des Austauschs dar. Durch die Begleitung der Sessions durch Dozierende auf beiden Seiten des Austauschs kann die Gesamtlänge des Programms von ursprünglich zwei Monaten der Anwesenheit in Deutschland auf einen Zeitraum von insgesamt einem Semester ausgedehnt werden. Diese inhaltliche Verlängerung bewirkte bereits während des Pilotlaufs 2016 einen positiven Effekt auf die Wahrnehmung der Studierenden hinsichtlich der kulturellen Immersion: Wurde dieser Aspekt bei der Evaluation 2015 noch als „sehr gering“

eingestuft, so bewerteten die Teilnehmenden das Programm 2016 insgesamt als „very helpful“ in Bezug auf akademische und interkulturelle Erfahrungen.

Bisher lassen sich aufgrund der sehr jungen Kooperationen nur einige wenige Trends ausmachen, deren Gültigkeit in Zukunft überprüft werden müssen. Ein deutlicher Vorteil des Moodlekurses besteht in der Bündelung aller für diese Kooperation wichtigen Informationen an einem Ort, von wo aus sie dezentral abgerufen werden können. Einmal eingerichtet, ist die digitale Struktur innerhalb des Kurses für jeden Jahrgang mit geringem Aufwand individuell anpassbar, so dass über eine Übertragung auf vergleichbare Austauschprogramme der Fakultät nachgedacht wird. Insgesamt wird das Austauschprogramm mit Virginia Tech ebenso wie das Austauschprogramm mit Drexel als eine erfolgreiche Möglichkeit betrachtet, amerikanische Studierende an deutsche Universitäten zu bringen und in Folge dessen auch den deutschen Studierenden den Aufenthalt an einer amerikanischen Universität zu ermöglichen.

3 Digitaler internationaler Klassenraum und tele-operative Labore

Als eine Maßnahme der Internationalisierung der Lehre mit Hilfe digitaler Medien wird an der TU Dortmund seit 2015 ein Online-Kurs für internationale Studierende im Vorfeld ihres Studienaufenthaltes an der TU Dortmund angeboten (MAY & TEKKAYA, 2016; MAY, 2017). Auf der einen Seite bereitet dieser Kurs die Studierenden auf ihren Aufenthalt an einer deutschen Hochschule vor. Auf der anderen Seite ist er so angelegt, dass die Studierenden internationale Zusammenarbeit mit weltweit verteilten Kommilitoninnen/Kommilitonen konkret erleben. Mit diesem Kurs werden auch Potenziale international vermittelter Online-Lehre sowie die Einbindung tele-operativer Versuche in derartige Kontexte untersucht.

Der Kurs wurde seit 2015 dreimal in einem 4-Wochen-Format mit je 8 Kursterminen durchgeführt. Die bislang über 70 Teilnehmenden kamen dabei aus insgesamt 25 verschiedenen Ländern (darunter Länder wie Brasilien, Mexiko, Nigeria, Iran,

Indien oder Russland). Der Kurs wird angeboten, noch bevor die betreffenden Studierenden für den Master nach Deutschland kommen, sodass diese von zu Hause über das Internet mithilfe des Web-Conference-Tools Adobe Connect teilnehmen.

Der Kurs untergliedert sich in drei Phasen: In der ersten Phase der „Cultural Orientation“ werden internationale Ingenieurkulturen im Vergleich betrachtet und dabei wird speziell auf die Studierenden und ihre jeweiligen Heimatländer Bezug genommen. In der zweiten Phase, der „Global Orientation“, wird dieser Fokus dahingehend erweitert, dass die Studierenden ausgehend von einer Fragestellung im Kontext von Mobilitätskonzepten für Mega-Cities über rein technische Überlegungen hinausgehen und über soziale und organisationale Aspekte innerstädtischer Mobilität vor dem Hintergrund kultureller Unterschiede diskutieren. In der letzten Kursphase, der „Technical Orientation“, findet eine Fokussierung auf ingenieurwissenschaftliche Inhalte der Umformtechnik statt. Hierzu führen die Studierenden in international gemischten Teams Versuche zur Materialcharakterisierung durch und lösen damit eine praxisnahe Designaufgabe aus dem Bereich des Karosseriebaus. Dabei nutzen sie die an der TU Dortmund entwickelte tele-operative Prüfzelle (ORTELT et al., 2014).

Die tele-operative Prüfzelle zur Materialcharakterisierung kann weltweit über das Internet als Remote-Labor genutzt werden. Daher ermöglicht die Prüfzelle ein zeit- und ortsunabhängiges Experimentieren. Der Fokus in der aktuellen Ausbaustufe der tele-operativen Prüfzelle liegt auf Experimenten der Umformtechnik. So kann unter anderem der einachsige Zugversuch, ein grundlegender und bedeutender Versuch im Bereich der Umformtechnik zur Materialkennwertermittlung, durchgeführt werden. Studierende können sich auf dem Webserver des Remote-Labors registrieren und dann ein Zeitfenster zum Experimentieren blocken. Während dieses Zeitfensters hat eine Studentin oder ein Student den aktiven Zugriff auf die Prüfzelle und das Experiment. Das einzelne Experiment kann nach Wünschen der Studierenden konfiguriert werden. So kann z. B. das Material (Aluminium oder Stahl) gewählt und die Geschwindigkeit des Versuchs konfiguriert werden. Das Experiment kann anhand von Live-Videobildern und Echtzeit-Messdaten beobachtet werden. Im Anschluss an das Experiment können die Messdaten auf den eige-

nen PC zur Auswertung geladen werden. Im oben beschriebenen internationalen Klassenraum wurden so Experimente geplant, durchgeführt und ausgewertet. Dabei waren die verschiedenen Teammitglieder auf verschiedenen Teilen der Erde verteilt und konnten dennoch ein Experiment gemeinsam durchführen.

Auf Basis der Erfahrungen der letzten Jahre lassen sich zentrale Vorteile der oben beschriebenen Herangehensweise ableiten. Neben der Vorbereitung von Studierenden für internationale Studienaufenthalte, wie es im beschriebenen Beispiel im Fokus steht, bieten gerade Online-Conference-Tools die Möglichkeit, internationale Klassenräume zu erstellen und auf diese Weise eine fachbasierte Vernetzung von Studierenden in Lehr-Lehrveranstaltungen gezielt voranzutreiben. Damit wird die internationale Zusammenarbeit gleichermaßen gefordert wie auch gefördert und die Studierenden erleben bereits im Studium die Herausforderung, aber auch den Mehrwert, den eine solche Interaktion bietet.

Eine Studie über die beschriebene Lehr-Lernveranstaltung zeigt zudem, dass derartige Veranstaltungen bspw. sehr gut dafür geeignet sind, Studierende für internationale Unterschiede, auch innerhalb einer Berufsgruppe, zu sensibilisieren (MAY, 2017). Es wird gerade im direkten Austausch deutlich, dass Studierende der Ingenieurwissenschaften bspw. aus den arabischen Ländern ein stärker an der Ölindustrie orientiertes Selbst- und Berufsbild haben als Studierende aus Ländern, in welchen Metallverarbeitung dominanter Arbeitsmarkt für Ingenieurinnen und Ingenieure ist. Die Wahrnehmung solcher Unterschiede ist für die Zusammenarbeit jedoch wichtig.

Darüber hinaus standen Online-Kurskonzepte bisher häufig vor der Herausforderung, dass zwar eine interkulturelle Kommunikation wie auch Interaktion ermöglicht wurde, eine konkrete ingenieurwissenschaftliche Zusammenarbeit, die auf die Nutzung von realem Equipment zurückgreift, nicht möglich war. Remote Labore und die Ansätze des Online Engineering, unter dem die Nutzung von teleoperativen, virtuellen Laboren, Simulationen oder cyber-physischen System subsummiert werden, ändern dies und bieten hier die Möglichkeit der Entwicklung gänzlich neuer Ansätze. Damit schließen diese Ansätze eine Lücke im Bereich des

E-Learning, der vor allem für die ingenieurwissenschaftliche Lehre von zentraler Bedeutung sein kann (RESTIVO et al., 2015; TEKKAYA et al., 2016; HERADIO et al., 2016). Darüber hinaus bieten Remote Labore im Vergleich zur Simulation oder Videos den Vorteil, dass sie reale Versuche beinhalten, welche einerseits auf die Studierenden motivierender wirken als reine Simulationen und andererseits auch die Möglichkeit unerwarteter Ergebnisse bereithalten. Die zukünftige Aufgabe wird es hier sein, mit Hilfe vergleichender Studien die Vor- und Nachteile von Online Engineering im Vergleich zur Durchführung von Versuchen direkt im Labor bzw. der Nutzung von realem Equipment darzulegen.

4 Zusammenfassung & Ausblick

Der Beitrag zeigt zwei Beispiele, wie Digitalisierung die Internationalisierung von Hochschulen, Curricula und Lehre unterstützen kann. Am Beispiel der Ingenieurwissenschaften wurden hierfür Maßnahmen vorgestellt, welche auf unterschiedlicher Ebene der Internationalisierung ansetzen und sowohl die Vorbereitung von Auslandsaufenthalten als auch die direkte Internationalisierung von Lehrveranstaltungen fokussieren.

Bei der Konzeption virtueller Begleitstrategien für eine internationale Kooperation müssen Medienkompetenzen bei Lehrenden und Lernenden sowie die Kompatibilität von Systemen und technischer Ausstattung von Anfang an berücksichtigt werden. Gerade bei bislang unbekannten Plattformen kann die reibungslose Nutzung durch Studierende nicht als selbstverständlich vorausgesetzt werden. Daher ist die Kooperation mit Kolleginnen und Kollegen am Partnerstandort unerlässlich, die das Konzept mitentwickeln und vor Ort begleiten.

Darüber hinaus bieten Konzepte des digitalen Klassenraums die Möglichkeit, internationale Studierende zu erreichen, ohne dabei auf Partnerinstitutionen im Ausland angewiesen zu sein. Hierbei muss jedoch die Barriere, welche durch die Nutzung des digitalen Tools aufgebaut wird, besonders niedrig gehalten werden. Gerade im Kontext der ingenieurwissenschaftlichen Lehre bieten Ansätze des Online

Engineering, dabei vor allem die Technologie der tele-operativen Labore, neue Möglichkeiten der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit.

Durch Ansätze des Online Engineering ist es daher auch ohne physische Mobilität möglich, Studierende in internationalen Arbeitsteams zusammenzubringen, Experimente durchführen zu lassen und sie damit Herausforderungen und Chancen dieser Art der Kollaboration erleben zu lassen. Auf diese Weise wird ihnen die Möglichkeit eröffnet, zentrale Kompetenzen für ihre zukünftigen Arbeitskontexte zu entwickeln.

5 Literaturverzeichnis

Amirault, R. J. (2012). Will E-Learning permanently alter the fundamental educational model of the institution we call "the university"? In *Trends and Issues in Distance Education: International Perspectives* (2. Aufl., S. 157-173).

Belyavina, R., Li, J. & Bhandari, R. (2013). *New Frontiers: U.S. Students Pursuing Degrees Abroad: A 2-year analysis of key destinations and fields of study*. Institute of International Education (IIE).

Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) (2013). *Wissenschaft Weltoffen 2013: Daten und Fakten zur Internationalisierung von Studium und Forschung in Deutschland*. Bielefeld: Hochschulinformationsdienst (HIS), DAAD.

EU (2014). *Informationen der Organe, Einrichtungen und sonstigen Stellen der europäischen Union. Schlussfolgerungen des Rates zur globalen Dimension der europäischen Hochschulbildung*. Hrsg. von Europäische Kommission. (abgerufen am 19. Februar 2016)

Heradio, R., de la Torre, L., Galan, D. Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E. & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98.

Hochschulforum Digitalisierung (2016). *The Digital Turn – Hochschulbildung im digitalen Zeitalter*. Arbeitspapier Nr. 27. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung.

Jeschke, S. (2015). *Engineering Education for Industry 4.0 – Challenges, Chances, Opportunities*. World Engineering Education Forum 2015.

May, D. (2017). *Globally Competent Engineers – Internationalisierung der Ingenieurausbildung am Beispiel der Produktionstechnik* (Dissertation). Aachen: Shaker Verlag.

May, D. & Tekkaya, A. E. (2016). Using transnational online learning experiences for building international student working groups and developing intercultural competences. *Proceedings of American Society for Engineering Education's 123rd Annual Conference & Exposition "Jazzed about Engineering Education"*. June, 26th- 29th, 2016; New Orleans, Louisiana, USA. <http://dx.doi.org/10.18260/p.27171>

Ortelt, T. R., Sadiki, A., Pleul, C., Becker, C., Chatti, S. & Tekkaya, A. E. (2014). Development of a tele-operative testing cell as a remote lab for material characterization. In Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (Hrsg.), *Proceedings of 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)* (S. 977–982). 3-6 Dec. 2014, Dubai, UAE. Piscataway, NJ: IEEE.

Parkinson, A. (2007). Engineering Study Abroad Programs: Formats, Challenges, Best Practices. *Online Journal for Global Engineering Education*, 2(2), Art. 2.

Restivo, M. T., Cardoso, A. & Lopes, A. M. (Hrsg.) (2015). *Online Experimentation. Emerging Technologies and IoT*. International Frequency Sensor Association (IFSA) Publishing, S. L.

Schubert, T. & Jacobitz, F. G. (2013). Compact International Experiences: Expanding Student International Awareness Through Short-Term Study Abroad Courses With Substantial Engineering Technical Content. *Online Journal for Global Engineering Education*, 7(1), Art. 1.

Siemens, G. (2013). Massive Open Online Courses: Innovation in Education? In *Open Educational Resources: Innovation, Research and Practice* (S. 5-15). Vancouver: COL-OECD.

Tekkaya, A. E., Wilkesmann, U., Terkowsky, C., Pleul, C., Radtke, M. & Maevus, F. (2016). *Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung. Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab*. acatech STUDIE. München, Berlin, Brüssel.

Autorinnen/Autoren



Dominik MAY || TU Dortmund, Zentrum für HochschulBildung ||
Vogelpothsweg 78, D-44227 Dortmund

<https://www.zhb.tu-dortmund.de>

dominik.may@tu-dortmund.de



Nina SCHIFFELER || RWTH Aachen, IMA/ZLW & IfU ||
Dennewartstr. 27, D-52068 Aachen

<https://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de>

nina.schiffeler@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de



Tobias R. ORTELT || TU Dortmund, Institut für Umformtechnik
und Leichtbau || Baroper Str. 303, D-44227 Dortmund

<https://www.iul.eu/de/>

tobias.ortelt@iul.tu-dortmund.de



Frigga GÖCKEDE || Institut für Umformtechnik und Leichtbau
(MMT Office) || Baroper Str. 303, D-44227 Dortmund

<https://www.iul.eu/de/>

frigga.goeckede@iul.tu-dortmund.de



Sulamith FRERICH || Ruhr-Universität Bochum, Arbeitsgruppe
Virtualisierung verfahrenstechnischer Prozesse || Universitätsstraße
150, D-44801 Bochum

<http://www.vvp.rub.de>

frerich@vvp.rub.de



Diana KEDDI || Ruhr-Universität Bochum, Arbeitsgruppe Virtua-
lisierung verfahrenstechnischer Prozesse || Universitätsstraße 150,
D-44801 Bochum

<http://www.vvp.rub.de>

keddi@vvp.rub.de



Valerie STEHLING || RWTH Aachen, IMA/ZLW & IfU ||
Dennewartstr. 27, D-52068 Aachen

<https://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de>

valerie.stehling@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de



Anja RICHERT || RWTH Aachen, IMA/ZLW & IfU ||
Dennewartstr. 27, D-52068 Aachen

<https://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de>

anja.richert@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de



Sabina JESCHKE || RWTH Aachen, IMA/ZLW & IfU ||
Dennewartstr. 27, D-52068 Aachen

<https://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de>

jeschke.office@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de



Marcus PETERMANN || Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für
Feststoffverfahrenstechnik || Universitätsstraße 150, D-44801
Bochum

<http://www.fvt.rub.de>

petermann@fvf.rub.de



A. Erman TEKKAYA || TU Dortmund, Institut für Umformtechnik
und Leichtbau || Baroper Str. 303, D-44227 Dortmund

<https://www.iul.eu/de/>

erman.tekkaya@iul.tu-dortmund.de