

Entwurf & Einsatz von smarten, interaktiven Skripten in MINT-Grundlagenfächern (smartIS)

Antrag für ein Tandem-Fellowship von
Prof. Dr.-Ing. Katrin Temmen, Fachgebiet Technikdidaktik der Universität Paderborn und
Prof. Dr.-Ing. Peter Kersten, Lehrgebiet "Mechatronik" der Hochschule Hamm-Lippstadt

Persönliche Motivation bei der Bewerbung um ein Tandem-Fellowship

Die persönliche Motivation der beiden Antragsteller kommt von zwei ganz unterschiedlichen Seiten und trifft sich in diesem gemeinsamen Antrag. Katrin Temmen hat ihre „Großvorlesung“ Grundlagen Elektrotechnik für Maschinenbau bereits durch aktivierende, verständnisfördernde Bausteine wie das Hörsaallabor¹ (vgl. Temmen & Nofen 2017) und Peer-Instruction unter Verwendung eines webbasierten Live-Feedback-Systems erweitert (vgl. Temmen & Kundisch 2014). Sie beobachtet jedoch in Übungen, Tutorien und Klausuren, dass die Studierenden die verständnisfördernden Maßnahmen in der Vorlesung und das „Rechnen von Aufgaben“ in Übung, Tutorium und auch in der Klausur völlig unabhängig voneinander quasi separiert sehen. Hier fehlt das Bindeglied einer „quantitativen Veranschaulichung“ von verstandenen Zusammenhängen, um zu eigenen Rechenergebnisse Plausibilitätsüberlegungen anstellen zu können. Peter Kersten hat große Erfahrung im Bereich des Einsatzes moderner Softwaretools in den Grundlagenfächern der MINT-Studiengänge (vgl. Kersten 2017, Kersten 2018, Kersten & Wagner 2019). Sein Fokus lag bisher auf der Erstellung und den Einsatz interaktiver Lehrbücher.

Beide Antragsteller sehen im Rahmen der Tandem-Bewerbung eine große Chance darin, die bereits vorhandenen Elemente aus dem Bereich der digitalen Lehre um die im Folgenden beschriebenen innovativen und interaktiven Komponenten, die durch Parametervariation in Simulationen eine direkte, unmittelbare Interaktion mit dem Lernobjekt ermöglichen, zu ergänzen. Durch die gemeinsame Konzeption, Anwendung und Validierung der geplanten Lehrinnovation im Rahmen der Zusammenarbeit als Tandem sollen Synergieeffekte genutzt und mithilfe gemeinsam durchgeführter Peer-Reviews eine hohe qualitative Umsetzung sichergestellt werden. Im Rahmen der regelmäßig geplanten Review-Gespräche wollen die Antragsteller jeweils ihre Arbeitsschwerpunkte aus den Bereichen der Fachdidaktik und der Fachwissenschaft optimal einbringen. Beide Antragsteller wollen die gute Zusammenarbeit aus bereits laufenden gemeinsamen Projekten als Basis nutzen und weiter ausbauen. Ein Beispiel ist das gemeinsamen Projekt Edu-Tech Net OWL², dessen Ziel es ist, Bachelor-Absolvent(inn)en der Hochschule Hamm-Lippstadt einen nahtlosen Übergang in den Studiengang Master of Education der Universität Paderborn zu ermöglichen.

Durch den Austausch mit Kolleginnen und Kollegen weiterer Hochschulen im Rahmen der Fellow-Treffen möchten wir unsere Ergebnisse und Erfahrungen einem größeren Kreis vorstellen und Rückmeldungen sowie neue Impulse aufnehmen, insbesondere von Fellows, die bereits Jupyter Notebook in höheren Semester anwenden³.

¹ <https://www.uni-paderborn.de/nachricht/46791/>

² <https://ei.uni-paderborn.de/td/forschung/edu-tech-net-owl/>

³ <https://www.stifterverband.org/lehrfellowships/2018/bausinger>

Motivation zu der geplanten Lehrinnovation

Beide Antragsteller engagieren sich in den MINT-Grundlagenfächern an ihren Hochschulen und möchten eine höhere Interaktion in ihren Lehrveranstaltungen durch „quantitative Veranschaulichung“ erreichen. Dies soll durch den stärkeren Einsatz technisch wissenschaftlicher Software erreicht werden, mit der ein niederschwelliges Angebote mit einem hohen Aufforderungscharakter erreicht und in das gesamte didaktische Konzept eingebunden werden soll.

Durch die hohe Interaktivität des Konzeptes wird anstelle des eher rezeptiven Lernens die Eigeninitiative und die Selbstorganisation der Studierenden angesprochen und somit ein stärker teamorientiertes Lernen gefördert.

Konkret ist geplant, interaktive Kurzsckripte – im Folgenden smartIS genannt - zu Übungs- und Tutoriumsaufgaben zu entwickeln, die nicht nur eine entsprechend didaktisch aufbereitete Präsentation der jeweiligen theoretischen Grundlagen enthält, sondern die es den Studierenden ermöglicht, konkrete Berechnungen mittels Parametervariation vorzunehmen. Durch Visualisierung kann der Einfluss unterschiedlicher Parameter auf definierte Zielgrößen beobachtet werden. Zur technischen Umsetzung soll die Open-Source Software Jupyter Notebook⁴ eingesetzt werden, die neben der Einbindung von beschreibenden Grafiken, Texten und Formeln das Ausführen von Rechenoperationen ermöglicht. Hierfür kann von den Antragstellern z.B. die Open-Source-Software Python oder die als Campuslizenz vorliegende Software MATLAB verwendet werden. Der Einsatz dieser als Notebooks bezeichneten Skripte findet aktuell ein stark wachsendes Interesse im Bereich der Dokumentation von Forschungsergebnissen und in der Lehre. Man kann allerdings feststellen, dass sich der Einsatz von Jupyter Notebooks aktuell auf weiterführende Lehrveranstaltungen^{5,6} oder Lehrveranstaltungen im Bereich der Informatik⁷ konzentriert.

Hier möchte die Lehrinnovation ansetzen und ein niederschwelliges Angebot schaffen, das sich dadurch auch sehr gut für den Einsatz in den Grundlagenvorlesungen der ersten Semester eignet. Die Studierenden lernen kennen, wie man leistungsfähige Software wie einen Taschenrechner verwenden kann. Berührungspunkte vor dem Einsatz von Software-Tools werden somit gleich zu Beginn des Studiums abgebaut.

Wichtige Elemente der Lehrinnovation stellen hierbei die interaktiven Grafiken dar, die einen hohen Aufforderungscharakter aufweisen und mit denen die Studierenden Einflussgrößen gezielt ändern und die Auswirkungen auf die jeweiligen Zielgrößen unmittelbar verfolgen und ablesen können. Aus der Mathematikdidaktik ist bekannt, dass gegenständliche Materialien (in den MINT-Studiengänge sind dies in der Regel Laborexperimente) und Computer-Simulationen unterschiedliche Aspekte des funktionalen Denkens beeinflussen. „Es stellte sich heraus, dass eine gemeinsame und aufeinander abgestimmte Verwendung von gegenständlichen Materialien und Computer-Simulationen als effektivste und umfassendste Methode angesehen werden sollte, um funktionales Denken zu fördern“ (vgl. Lichti 2019). Die zu entwickelnden

⁴ <https://jupyter.org/>

⁵ <https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/nachrichtentechnik/>

⁶ <https://www.stifterverband.org/lehrfellowships/2018/bausinger>

⁷ <https://www.eim.uni-paderborn.de/en/eim-news-single-en/news/auszeichnungen-fuer-lehrprojekte-am-eim/>

smartIS sollen die Brücke des fachspezifischen funktionalen Denkens zwischen der Formeldarstellung auf der einen und dem Experiment auf der anderen Seite schlagen

Abbildung 1 zeigt eine typische Anwendung in der Grundlagenvorlesung Elektrotechnik, in der die Entladung eines Kondensators über einen elektrischen Widerstand diskutiert werden soll. Hierbei ist jeweils ein Ausschnitt eines Jupyter Notebook auf einem Tablet PC (links) und einem Smartphone (rechts) abgebildet. Der Einfluss des Widerstandes auf den Entladestrom kann interaktiv ermittelt werden. Hierzu können mit dem Schieberegler die Widerstandswerte verändert und auf der aktualisierten Grafik die neuen Werte für den Entladestrom abgelesen werden.

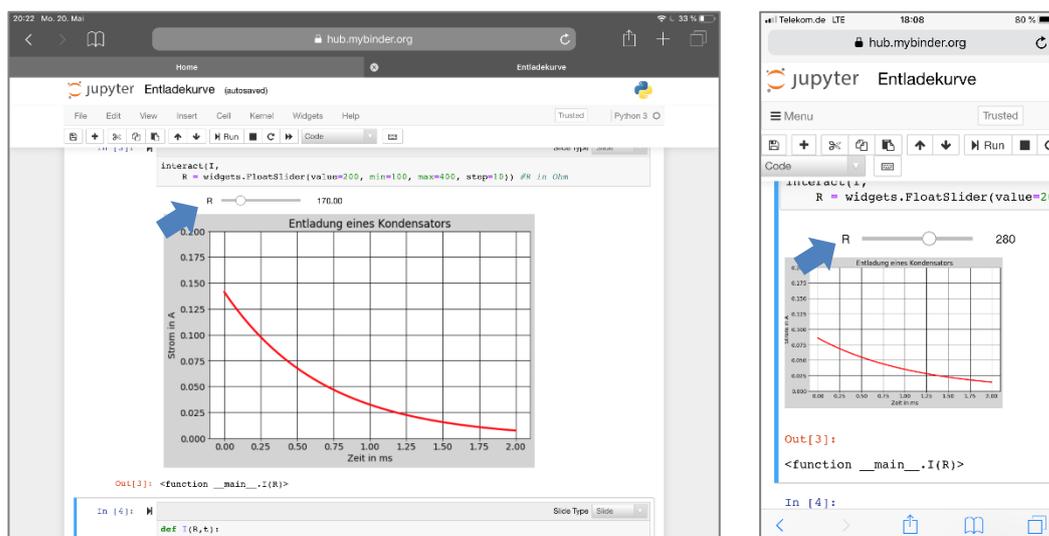


Abbildung 1: Interaktives Arbeiten mit dem Skript am Beispiel der Entladekurve eines Kondensators auf einem Tablet PC (links) und einem Smartphone (rechts). Mit dem Schieberegler (siehe Pfeil) kann der Wert des Widerstandes eingestellt und die Grafik interaktiv angepasst werden.

Ein weiteres niederschwelliges Angebot besteht in der Angabe einer exemplarischen Lösung, die dann von den Studierendenteams schnell zur Beantwortung einer speziellen Fragestellung angepasst und neu ausgeführt werden kann. Darüber hinaus können weitere Effekte des realen Alltags berücksichtigt werden, die mit „Papier und Bleistift“ nur schwer lösbar sind. So kann z.B. die Geschwindigkeitsfunktion eines fallenden Tennisballs nicht nur im Vakuum, sondern auch für den realen Fall mit Luftwiderstand berechnet werden oder die Schwingungsdauer eines Fadenpendels nicht nur für kleine, sondern für beliebige Auslenkungswinkel bestimmt werden. Abbildung 2 zeigt das geplante stufenweise Einführen der interaktiven smartIS mit Hilfe der Jupyter Notebooks. Zunächst entwerfen und erstellen die Fellows die smartIS und tauschen diese in der Campuscloud sciebo aus.

Nach einem ersten Peer-Review legen die Fellows fest, welche smartIS in welchen Lehrveranstaltungen eingesetzt werden und stellen den Studierenden diese auf den Lernplattformen beider Hochschulen zur Verfügung. Hierbei sollen auch die bereits vorliegenden und publizierten Erfahrungen im Bereich des Einsatzes moderner Softwaretools in

den Grundlagenfächern der MINT-Studiengänge konsequent genutzt und im Rahmen dieses Projektes weiterentwickelt werden (vgl. Kersten 2017, Kersten 2018, Kersten & Wagner 2019).

Entwicklung und Einsatz smarter, interaktiver Skripte (smartIS)	IT-Infrastruktur
Die smartIS werden als Jupyter Notebooks entworfen und angefertigt.	Die Dateien werden in der Campuscloud sciebo zur gemeinsamen Nutzung durch die Fellows organisiert. 
Die smartIS werden in den Lehrveranstaltungen eingesetzt und validiert.	Den Studierenden werden die smartIS auf den Lernplattformen beider Hochschulen zur Verfügung gestellt. 
Die smartIS werden weiterentwickelt, veröffentlicht und mit weiteren Partnern geteilt.	Die smartIS werden zusätzlich auf einem GitHub Repository veröffentlicht. Durch Nutzung des Webservice Binder können die Inhalte auf PCs und mobilen Endgeräten interaktiv bearbeitet werden. 

Abbildung 2: Übersicht über die schrittweise Entwicklung und den Einsatz der smartIS einschließlich der geplanten IT-Infrastruktur.

Während des Semesters wird dann eine kontinuierliche Rückmeldung der Studierenden bezüglich der smartIS aufgenommen und die Lehrinnovation und in den Rahmen der regulären Lehrevaluation aufgebaut. Das Zentrum für Wissensmanagement (ZfW)⁸ der Hochschule Hamm-Lippstadt und das Zentrum für Informations- und Medientechnologien (IMT)⁹ der Universität Paderborn unterstützt hierbei bei der Validierung und der technischen Einführung.

Nach dem Auswerten der Lehrevaluation legen die Fellows fest, wie das Konzept der smartIS weiterentwickelt wird und beschließen die Veröffentlichung der Jupyter Notebooks. Durch die Veröffentlichung der Dokumente auf einem öffentlich zugänglichen Server wie beispielsweise einem GitHub Repository¹⁰, stehen die smartIS einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung. Darüber hinaus werden die interaktiven Lernmaterialien auch auf der Homepage des Lehrstuhls Technikdidaktik der Universität Paderborn¹¹ unter der Lizenz CC BY-SA 4.0 DE veröffentlicht.

⁸ <https://www.hshl.de/kontakt-zentrum-fuer-wissensmanagement/>

⁹ <https://serviceportal.uni-paderborn.de/web/portal/willkommen>

¹⁰ <https://github.com/>

¹¹ <https://ei.uni-paderborn.de/td/>

Durch Nutzung des Webservice Binder¹² können die Inhalte auf PCs und mobilen Endgeräten unabhängig vom jeweiligen Betriebssystem interaktiv verwendet werden. Damit können die Studierenden ihre eigenen mobilen Endgeräte, die häufig zum vorlesungsbegleitenden Lesen von smartIS eingesetzt werden, auch für komplexe Berechnungen nach dem „Bring your own device“-Prinzip (BYOD) genutzt werden.

Durch die freie Zugänglichkeit der smartIS können auch weitere Partner beider Hochschulen miteinbezogen werden, beispielsweise Partnerhochschulen, weiterführende Schulen und Berufskollegs. Durch die kostenlose und freie Verfügbarkeit unterstützt die geplante Lehrinnovation damit auch die Idee der Open Educational Resources (OER).

Ziele der geplanten Lehrinnovation

Ziel der geplanten Lehrinnovation ist es, mithilfe von smarten, interaktiven Skripten (smartIS) ein niederschwelliges Angebot mit einem hohen Aufforderungscharakter zu schaffen, das die Studierenden gerade in den MINT-Grundlagenfächern der ersten Semester unterstützt, ein fachbezogenes funktionales Denken zu entwickeln.

Die Studierenden lernen kennen, wie man leistungsfähige Software wie beispielsweise Python oder MATLAB® wie einen Taschenrechner verwenden kann und bauen somit Berührungspunkte vor der Benutzung technisch wissenschaftlicher Software gleich zu Beginn des Studiums ab.

Die Gestaltung von interaktiven Grafiken, bei denen die Studierenden mit Hilfe von Schiebereglern oder Eingabefelder gezielt Einflussgrößen ändern können, sollen mit ihrem hohen Aufforderungscharakter dazu beitragen die Lehrinhalte besser zu veranschaulichen. Die Studierenden lernen neben den klassischen Lösungsstrategien moderne computergestützte Lösungen kennen.

Die Lehrinnovation tragen zur Weiterentwicklung der Lehre in den unten aufgeführten Studiengängen bei. Der Einsatz smartIS soll die Studierenden dabei auch in der Selbstlernzeit unterstützen und stellen damit eine sehr gute Ergänzung zu den bereits eingesetzten begleitenden Videos im Format „Physik in 5 Minuten“ dar, die allen Studierenden der Hochschule Hamm-Lippstadt über die Informationsplattform "Study Assist"¹³ zur Verfügung stehen. An der Universität Paderborn sind die smartIS das perfekte Bindeglied zwischen dem verständnisfördernden, experimentellen Hörsaallabor und den Rechenaufgaben in Übungen, Tutorien und Klausuren. Insofern soll die Lehrinnovation auch dazu beitragen, die bereits vorhandenen Elemente aus dem Bereich der digitalen Lehre zu erweitern und zu ergänzen.

Implementierung der geplanten Lehrinnovationen in die Studiengänge

In der Initialphase ist der Einsatz der geplanten Lehrinnovation in der Grundlagenvorlesungen Physik in den Bachelorstudiengängen Mechatronik, Wirtschaftsingenieurwesen sowie Materialdesign, Bionik und Photonik der Hochschule Hamm-Lippstadt geplant.

An der Universität Paderborn soll die Lehrinnovation zunächst in der Lehrveranstaltung Grundlagen Elektrotechnik für Maschinenbau im Studiengang Maschinenbau,

¹² <https://mybinder.org/>

¹³ <https://studyassist.stud.hshl.de/>

Chemieingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen eingesetzt werden. Bei allen angesprochenen Veranstaltungen handelt es sich um Pflichtveranstaltungen. Eingeführt werden die interaktiven Grafiken in der Vorlesung – dadurch angeleitet werden sie von den Studierenden in Übung, Tutorium und zur Klausurvorbereitung eingesetzt.

Ein weiterer Baustein der geplanten Implementierung ist die Anrechnung von Bonuspunkten für mit interaktiven Grafiken gelösten Übungsaufgaben bei der Klausurbewertung.

Evaluierung der Lehrinnovation und Beurteilung eventueller Risiken

Zur Evaluierung der Lehrinnovation soll u.a. der Fragebogen zur Evaluation digitaler Lehr- und Lernmaterialien vom Center für Digitale Systeme der Freien Universität Berlin zum Einsatz kommen¹⁴. Darüber hinaus sollen in semesterbegleitenden Bonustests Verständnisfragen zum Einfluss von Parametervariationen, die bereits in vorangegangenen, nicht veröffentlichten Bonusklausuren gestellt wurden, wiederholt werden. Die vorangegangenen Semester dienen bei der Evaluation als Vergleichsgruppe. Die Evaluierung der Lehrinnovationen und die Beurteilung eventueller Risiken erfolgt in enger Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Wissensmanagement und dem Zentrum für Lehrmanagement (ZfL)¹⁵ an der Hochschule Hamm Lippstadt und der Stabsstelle Bildungsinnovationen und Hochschuldidaktik der Universität Paderborn, die jeweils über viel Erfahrung und geeignete Tools im Bereich der Lehrevaluation verfügen.

Verstetigung der Lehrinnovation

Die geplanten Lehrinnovationen werden in enger Absprache mit dem Zentrum für Wissensmanagement (ZfW) und dem Zentrum für Lehrmanagement (ZfL) umgesetzt. Nach einer erfolgreichen Evaluierung ist eine Verstetigung geplant sowie eine Ausweitung auf weitere Lehrveranstaltungen. An der Hochschule Hamm-Lippstadt wird der Einsatz auch in den Grundlagen Vorlesungen der Elektrotechnik angestrebt. An der Universität Paderborn bietet sich das dreisemestrige Laborpraktikum in den Studiengängen Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen an. Zu diesem Laborpraktikum arbeitet bereits seit zwei Jahren eine ca. zehnköpfige Arbeitsgruppe aus Laboringenieuren und wissenschaftlichen Mitarbeitern unter der Begleitung von Katrin Temmen u.a. in enger Kooperation mit dem Fellow Dr. Marc Sacher aus der Physikdidaktik. Darüber hinaus ist eine Einführung der smartIS auch in den Fachdidaktik-Veranstaltungen der Lehramtsstudierenden (Fachrichtung Elektrotechnik und Maschinenbau) geplant, die Katrin Temmen sowohl im Bachelor als auch im Master of Education verantwortet. Die Einführung ins Lehramtsstudium erfolgt vor dem Hintergrund, dass die smartIS durch die Veranschaulichung unterschiedlicher Einflussgrößen das Potential haben, den Übergang Schule – Hochschule in den MINT-Fächern zu erleichtern.

Ein weiterer Aspekt der Verstetigung ist die Verbreitung der in diesem Rahmen entwickelten Erfahrungen mit smartIS zur Förderung des funktionalen Denkens in der Fachwissenschaft. Diese sollen zunächst mit verschiedenen weiteren Partnerhochschulen, mit denen bereits Kooperationen in anderen Kontexten bestehen, geteilt werden. So ist z.B. der Austausch von

¹⁴ https://www.cedis.fu-berlin.de/services/e-learning/werkzeuge/fragebogen/evaluation_lehrmaterialien.html

¹⁵ <https://www.hshl.de/zentrum-fuer-lehrmanagement/>

digitalem Lehrmaterial im Rahmen eines vom DAAD geförderten Projektes mit den ghanaischen Hochschulen Koforidua Technical University¹⁶ und Ho Technical University geplant.

Darüber hinaus ist Katrin Temmen Mitglied des Exzellenznetzwerks für Hochschullehre Lehreⁿ Jahrgang 2016. In den Netzwerkkonferenzen kann sie das innovative Konzept der smartIS einbringen, diskutieren und verbreiten.

Übertragbarkeit der Lehrinnovation auf Lehr-Lern-Situationen

In Lehrveranstaltungen wie Vorlesungen, Übungen und Tutorien:

In den Lehrveranstaltungen können Berechnungen interaktiv auf eigenen mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablet PCs durchgeführt werden. Lehrende und Lernbegleiter können bei Fragen unmittelbar unterstützen und dazu beitragen, Hemmschwellen zum Einsatz neuer Softwaretools abzubauen. Anstelle des eher rezeptiven Lernens wird Eigeninitiative, Selbstorganisation und teamorientiertes Lernen gefördert.

Die geplanten Lehrinnovationen sollen die Studierenden zusätzlich in folgenden konkreten Lehr-Lern-Situationen unterstützen:

- Bei der Vor- und Nachbereitung von Lehrveranstaltungen
- Vorbereitung und Auswertung von Laborpraktika
- Selbständige Prüfungsvorbereitungen in studentischen Teams (z.B. im Lernzentrum Elektrotechnik der Universität Paderborn)

Austausch mit anderen Fellows des Programms

Der Austausch mit anderen Fellows in diesem Programm ermöglicht den Erfahrungsaustausch für die spezifischen Fragestellungen im Bereich der digitalen Lehre und den weiteren Ausbau des Netzwerkes mit Kolleginnen und Kollegen anderer Hochschulen. Im Rahmen von Lehreⁿ hat Katrin Temmen bereits den hohen Wert einer hochschulübergreifenden, fächerübergreifenden Netzwerkaktivität kennen, schätzen und nutzen gelernt.

Im Rahmen der Teilnahme an den zweitägigen Fellow-Treffen sehen wir eine ideale Möglichkeit, Erfahrungen intensiv auszutauschen und Projektpartner für weiterführende Arbeiten zu gewinnen. Besonders zu nennen sind hier der Fellow Ralf Bausinger und Marc Sacher (zu dem natürlich allein schon durch die örtliche Nähe bereits Kontakte bestehen). Die bisherige Kooperation mit Marc Sacher gingen in die Richtung, seinen kompetenzorientierten Ansatz des Laborpraktikums auf die Praktika im Elektrotechnikstudium zu übertragen. Im Rahmen dieses Projektes kann der Einsatz von smartIS in seinem Physik-Grundlagenpraktikum diskutiert werden.

Organisatorische Einbindung und Vernetzung der geplanten Lehrinnovation innerhalb der Hochschule

Die geplanten Lehrinnovationen werden in der Pilotphase an der Hochschule Hamm – Lippstadt in den Grundlagenvorlesungen der Bachelorstudiengänge Mechatronik, Wirtschaftsingenieurwesen sowie Materialdesign, Bionik und Photonik des Departments Lippstadt 1 eingesetzt. An der Universität Paderborn werden sie zunächst in der Grundlagen Elektrotechnik-Vorlesung in der Lehrveranstaltung Grundlagen Elektrotechnik für

¹⁶ <http://www.ktu.edu.gh/>

Maschinenbau im Studiengang Maschinenbau, Chemieingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen eingesetzt werden. Letztere Veranstaltung wird durch Katrin Temmen erstere durch Peter Kersten direkt verantwortet. Peter Kersten ist zudem Studiendekan im Department Lippstadt 1 sowie Studiengangleiter in den o.a. Bachelorstudiengang Mechatronik. Katrin Temmen ist in der Fakultät Elektrotechnik, Informatik und Mathematik Mitglied der Qualitätsverbesserung-Kommission, leitet die AG Laborpraktikum sowie das Lernzentrum Elektrotechnik an der Universität Paderborn. Am hochschulweiten „Tag der Lehre“¹⁷ wird sie die Lehrinnovation sowie die zugehörige Evaluation präsentieren und diskutieren.

Über die Fachgebietshomepage des Fachgebiets Technikdidaktik¹⁸ werden die smartIS „beworben“ und der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt

Die konkrete hochschulinterne Vernetzung mit dem Fellow Marc Sacher wurde oben bereits näher erläutert.

Die beschriebenen Lehrinnovationen entsprechen der Hochschulstrategie beider Hochschulen im Bereich der Digitalisierung der Lehre, daher können alle Dienstleistungen der zentralen Betriebseinheiten wie das Zentrum für Wissensmanagement und das Zentrum für Lehrmanagement an der Hochschule Hamm-Lippstadt sowie die Stabsstelle Bildungsinnovationen und Hochschuldidaktik und das Zentrum für Informations- und Medientechnologien der Universität Paderborn zur Umsetzung des Projektes eingebunden werden.

Mehrwert der Kooperation für die Durchführung des geplanten Entwicklungsvorhabens

Die beiden Antragsteller ergänzen sich inhaltlich und organisatorisch hervorragend. Die folgende Gegenüberstellung soll dies veranschaulichen.

Katrin Temmen	Peter Kersten
Fachdidaktikerin	Fachwissenschaftler
Universität	Hochschule für angewandte Wissenschaften
Elektrotechnik	Physik
Lehrende	Lehrender, Studiengangleiter und Studiendekan
Ingenieur- und Lehramtsstudiengänge	Ingenieurstudiengänge
Erfahrungen von unterschiedlichen aktivierenden Methoden in „Großveranstaltungen“	Erfahrung mit der Erstellung von Lehrbüchern mit interaktiven Elementen

Diese Ergänzung auf den unterschiedlichen Ebenen ist Basis für ein gelingendes Peer-Review, da die Antragsteller quasi „durch unterschiedliche Brillen“ schauen.

¹⁷ <https://www.uni-paderborn.de/universitaet/bildungsinnovationen-hochschuldidaktik/tag-der-lehre/>

¹⁸ <https://ei.uni-paderborn.de/td/>

Literatur

Peter Kersten, "Mechanik – smart gelöst: Einstieg in die Physik mit Wolfram|Alpha, MATLAB und Excel", Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2017).

Peter Kersten, "Problem Solving in Physics and Engineering using Tablet PCs and Smartphones", Keynote Presentation: International Applied Research Conference and Technology Fair (IARCTF), Koforidua (Ghana) 17.-20.07.18 (2018).

Peter Kersten, Jenny Wagner (Hrsg.), Tipler, Paul A. und Mosca, "Physik für Wissenschaftler und Ingenieure", Springer-Verlag, 8. Auflage (verfügbar ab August 2019).

Michaela Lichti, „Funktionales Denken fördern – Experimentieren mit gegenständlichen Materialien oder Computersimulationen“,

Katrin Temmen, Barbara Nofen, „Das Hörsaallabor - Messpraxis trotz hoher Teilnehmerzahl“, Hochschuldidaktik im Dialog - Beiträge der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hochschuldidaktik (dghd) 2015, S. 39-54 (2017).

Katrin Temmen, Dennis Kundisch, „Einsatzmöglichkeiten des Web-basierte Live-Feedback-System PINGO in ingenieurwissenschaftlichen Großveranstaltungen“, TeachING-LearnING.EU Tagung , movING forward‘, Dortmund (2013). Springe Spektrum, Wiesbaden (2019).