

Bewerbung um ein „Fellowship für Innovationen in der Hochschullehre“
(Kategorie: Tandem-Fellowship)

**Individuelle online Lernwege in der Technischen Mechanik
mit Maschinellen Lernverfahren**

Antragsteller: Prof. Dr. Markus Linke, Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau
(Fachgebiet: Verkehrstechnik/Fahrzeug- und Flugzeugbau)

Kooperationspartner: Prof. Dr. Tim Tiedemann, Department Informatik
(Fachgebiet: Informatik/Künstliche Intelligenz)

beide von der

Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) Hamburg



Kurzfassung

Eine ausgeprägte Heterogenität und große Kohorten im Grundlagenfach Festigkeitslehre der Technischen Mechanik in Ingenieurstudiengängen erschweren es zunehmend, den Studierenden die notwendige individuelle Lernunterstützung in Präsenzphasen durch Lehrenden-Feedback zu geben. Um dem zu begegnen, existiert an der HAW Hamburg die kompetenzorientierte online Lernumgebung ELFE, in der Lernsequenzen im Instruktionsdesign umgesetzt sind. Es handelt sich um statische Lernwege, die für alle Studierenden gleich sind. Aufgrund der Diversität können nicht bei allen Studierenden die gewünschten Effekte auf die Lernmotivation, Lernzufriedenheit und den Kompetenzerwerb beobachtet werden. Um eine breitere Wirkung zu erzielen, wird die Lernumgebung so erweitert, dass individuelle Lernwege in Abhängigkeit des individuellen Antwortverhaltens der Studierenden automatisch generiert werden. Dabei werden individuelle Lernwege unter anderem unter Nutzung von Maschinellen Lernverfahren aufgebaut, mit denen Muster im Lernverhalten offengelegt werden können, die zudem zur Etablierung von Lehr-Lern-Szenarien in Präsenzphasen herangezogen werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Persönliche Motivation
2. Ausgangssituation der Lehrinnovation
3. Problemstellung, Ziele und Neuartigkeit der Lehrinnovation
4. Implementierung im Pflichtfach Technische Mechanik-Festigkeitslehre
5. Erfolg und Risiken der Lehrinnovation
6. Nachhaltigkeit und Vernetzung an der HAW Hamburg
7. Transferpotential
8. Austausch mit Fellows
9. Mehrwert der Tandem-Kooperation

Literatur

1. Persönliche Motivation

Dr. Markus Linke: Lehre und die damit verbundene Arbeit mit Studierenden bereitet mir große Freude. Bereits im Studium als Tutor in der Technischen Mechanik (TM) und später als Doktorand konnte ich bereits wertvolle, motivierende Erfahrungen im Umgang mit Lernenden sammeln, die mich darin bestärkten, eine Laufbahn in der Hochschullehre anzustreben. Seit 2012 lehre ich an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) Hamburg mit einem starken Fokus auf Fächern der TM. Lehre verstehe ich als einen kontinuierlichen Veränderungsprozess, nicht nur auf Seiten der Studierenden, sondern auch bei mir, insbesondere weil die Bandbreite der Lebensumstände und der fachlichen Voraussetzungen meiner Studierenden sehr groß ist. Bewährte Lehr-Lernansätze sollten daher auf ihre Wirksamkeit hin hinterfragt und immer wieder neu auf die Erfordernisse der jeweiligen Lerngruppe und das jeweilige Fach angepasst werden. Dies schließt mitunter auch die Erprobung völlig neuer Lehrmethoden ein.

Um der Problematik großer Heterogenität in großen Kohorten in der Studieneingangsphase im Fach TM zu begegnen, habe ich zusammen mit Kollegen die online Lernplattform E-Learning mit Feedback-Elementen in der Technischen Mechanik (kurz ELFE) an der HAW Hamburg aufgebaut. Mit der ELFE-Plattform verfolge ich das Ziel, Studierende durch den Einsatz von online Feedbackinstrumenten zu unterstützen und unter anderem dadurch ihre Selbstlernkompetenz sowie ihre Fähigkeiten im Fach TM-Festigkeitslehre zu stärken. Dieses online System ist kompetenzorientiert aufgebaut. Die Kompetenzen werden mit Hilfe von Lernsequenzen, d.h. in einem digitalen Instruktionsdesign vermittelt. Die ELFE-Plattform bietet aufgrund der Kompetenzorientierung das Potential, jeder/jedem Studentin/en ein passgenaues Feedback zum Lernverhalten zu geben und individuelle Lernwege aufzuzeigen. Aus dem jeweiligen Antwortverhalten innerhalb der ELFE-Plattform müssen lediglich die richtigen Schlüsse für einen erfolgreichen individuellen online Lernweg gezogen werden. Bisher kann dieses Potential aber kaum genutzt werden, da zum einen mit den implementierten Lernsequenzen eine favorisierte, feste Reihenfolge der Lernschritte vorgegeben ist, die derzeit nicht geändert werden kann. Die Lernsequenzen können also nicht dynamisch für die jeweilige individuelle Anforderung zusammengestellt werden. Zum anderen stellt sich aufgrund der großen heterogenen Lerngruppen im Fach TM die Frage, ob mir als Lehrenden bereits bewusst ist, welcher Lernweg tatsächlich für die/den einzelne/n Studentin/en passend ist. So bringen sich Studierende, die sich überfordert fühlen oder für die der Lernprozess zu schnell ist, gewöhnlich nicht in der Präsenzphase bei großen Kohorten ein. Ihre Lernbedürfnisse sind dann kaum zu bestimmen.

Eine vielversprechende Möglichkeit zur Überwindung dieser Beschränkung stellt die Anwendung von Maschinellen Lernverfahren auf flexibilisierte, dynamische Lernwege in der online Lernumgebung ELFE dar. Damit könnten Lernbedürfnisse bzw. Lernwege identifiziert werden, die selbst dann individuell passend sind, wenn ich als Lehrender dies aufgrund der heterogenen, großen Kohorten im Fach TM noch nicht erkannt habe. Vor diesem Hintergrund bietet das Fellowship für mich eine hervorragende Gelegenheit, einen neuen vielversprechenden Lernansatz zur Verbesserung meiner online Lehre wie auch meiner Präsenzveranstaltungen im Fach TM zu erproben und insbesondere im Kreis der Fellows in einen intensiven Diskurs über didaktische Lernszenarien einzusteigen. Ich erhoffe mir dadurch neue Impulse und Ideen für potentielle Verbesserungen meiner Lehre wie auch einen bereiteren Einsatz der ELFE-Plattform durch weitere Lehrende der TM.

Dr. Tim Tiedemann: Es ist für mich eine besonders reizvolle Situation, mein zentrales Forschungsgebiet Künstliche Intelligenz eng mit Lehr-Lern-Szenarien zu verbinden, wie es in diesem beantragten Tandem-Fellowship der Fall ist. Die Entwicklung und Untersuchung einer Methodik zur Anwendung des Maschinellen Lernens (ML) auf online Lernwege ist ein wissenschaftlich innovativer Ansatz. In meiner Lehre kann ich dieses Szenario als einen sehr interessanten Anwendungsfall des ML

thematisieren. Gleichzeitig wird ML auch grundsätzlich als Werkzeug in der Lehre nutzbar, um wesentliche Einflussfaktoren auf den Lernerfolg zu identifizieren, wovon auch meine Lehrveranstaltungen profitieren würden.

Wir versprechen uns von einem Fellowship für Innovationen in der Hochschule eine einzigartige Unterstützung bei der Fortentwicklung unserer persönlichen Lehrqualifikation. Gleichzeitig würden wir gerne einen Diskurs über unsere eignen Lehrerfahrungen führen können, um so einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Lehre zu leisten. Die im Rahmen des Fellowship geplanten laufenden Lehr-Lern-Konferenzen bieten Raum für eine intensive Auseinandersetzung mit neuen Lehrmethoden, die auf anderem Wege nur schwer zu erwerben sind. Durch die jährlichen Tagungen lässt sich ein bedeutender Ausbau unseres persönlichen Netzwerkes erwarten, was hoffentlich zu einer breiten Verstetigung unserer Bemühungen zur Verbesserung der Lehre führen.

2. Ausgangssituation der Lehrinnovation

Schon heute ist in vielen Wirtschaftsbereichen ein Fachkräftemangel zu beobachten, der sich nach derzeitigen Arbeitskräfteprojektionen durch den demografischen Wandel wie auch durch eine stetig steigende Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften weiter verschärfen wird. Um diese Lücke zwischen Fachkräfteangebot und -nachfrage zu reduzieren oder sogar schließen zu können, wird von der Bundesregierung seit Jahren das Ziel verfolgt, die Akademikerquote durch eine Erhöhung der Studienanfängerquote signifikant zu steigern, die seit dem Jahr 2011 auf über 50 % angestiegen ist [1].

Mit der Zunahme der Studienanfängerquote gehen nicht nur mehr und größere Kohorten in einem Semester einher, sondern gleichzeitig steigt auch die Heterogenität der Studierendenschaft deutlich. Insgesamt hat dies zu einer weiten Spanne der Vorkenntnisse in Ingenieurstudiengängen (insbesondere in den Fächern Mathematik und Physik) geführt, aber auch zu einer enormen Breite der sprachlichen Fähigkeiten und Wertvorstellungen, die in Lehrveranstaltungen idealerweise zu beachten sind.

Damit aus einer gesteigerten Studienanfängerquote tatsächlich auch mehr Studienabschlüsse folgen, sollte daher der hohen Diversität der Studierendenschaft und somit der Individualität des Lernprozesses stärker Rechnung getragen werden. Dies ist vor allem wichtig, wenn weiterhin eine qualitativ hochwertige Ausbildung gewährleistet und nicht höhere Akademikerquoten durch eine Absenkung der Standards erkauf werden soll. Dies gilt im Besonderen für Fachhochschulen, an denen große Kohorten das Prinzip des seminaristischen Unterrichts (d.h. Lehrveranstaltungen unter Einbeziehung der individuellen Lernbedürfnisse der Studierenden) grundsätzlich in Frage stellen.

Mit der Situation einer hohen Anzahl von Studierenden ist der Antragsteller Linke bereits heute in Lehrveranstaltungen des Grundstudiums wie Technische Mechanik (TM) und Mathematik konfrontiert, in denen Schlüsselkompetenzen vermittelt werden, die für die Ingenieurausbildung zentral sind. Die Kohorten umfassen im Fach TM aufgrund von Kurswiederholern häufig bis zu 100 Personen. Dadurch wird das Eingehen auf die Unterschiedlichkeit der Studierenden und die Beachtung der individuellen Lernbedürfnisse mit Hilfe des seminaristischen Unterrichts in den ersten Fachsemestern des Studiums massiv erschwert bis unmöglich. Da zudem das Lernen an der Hochschule eine ausgeprägte Eigenverantwortung und Selbstlernkompetenz (ca. 50 % des gesamten Arbeitsaufwands sind in der TM im Eigenstudium zu erbringen) erfordert und sich damit deutlich vom schulischen Lernen unterscheidet, sind viele Studienanfängerinnen und -anfänger überfordert. Als Folge setzen sich viele Studierende nicht intensiv mit den Lehrinhalten während der Vorlesungszeit auseinander; sie können sich in der Masse der Studierenden „verstecken“ und „konsumieren“ lediglich die Lehrveranstaltungen ohne eine Reflexion der Inhalte. Dies wird insbesondere dadurch verstärkt, dass sie kaum individuelles Feedback erhalten. Das Potential der so wichtigen sozialen Interaktion bei der Wissenserlangung zwischen der Lehrkraft und den Lernenden sowie unter den Lernenden selbst kann bei vielen Studierenden nicht ausgeschöpft werden. Als Konsequenz stellt sich kein nachhaltiger

Lernerfolg ein, was anhand von schlechten Prüfungsleistungen mit hohen Durchfallquoten von gewöhnlich 35 bis 60 % in Fächern der TM, insbesondere im Fach Festigkeitslehre beobachtet werden kann.

Um dem Spannungsfeld zwischen großen Kohorten in der TM und der tatsächlich notwendigen individuellen Lernunterstützung zu begegnen, hat der Antragsteller Linke zusammen mit Kollegen im Rahmen eines hochschulinternen Projekts die online Lernplattform ELFE (E-Learning mit Feedback-Elementen) etabliert (siehe [2]), mit der der Kompetenzaufbau in der sachgerechten Anwendung von mechanischen Prinzipien im Fach Festigkeitslehre unterstützt wird. Es handelt sich beim Fach Festigkeitslehre um eine Pflichtveranstaltung der Bachelorstudiengänge Fahrzeugbau und Flugzeugbau, deren Inhalte zentrale Voraussetzung für eine Vielzahl nachfolgender Lehrveranstaltungen wie Dynamik, Maschinenelemente usw. sind.

Die online Lernplattform ELFE basiert auf einem kompetenzorientierten Lernansatz, bei dem die zu erlernenden Fähigkeiten auf der Basis von operationalisierten Lernzielen insbesondere unter Berücksichtigung der Lerntaxonomiestufen nach Anderson und Krathwohl [3], d.h. bei ELFE hinsichtlich der Wissensdimensionen Fakten-, Prozess- und Konzeptwissen wie auch der kognitiven Prozessdimensionen Erinnern, Verstehen und Anwenden beschrieben werden. Operationalisierte Lernziele sind dabei konkrete Angaben über die beobachtbaren Anteile einer gewünschten Verhaltensänderung von Lernenden. Folglich lassen sich aus ihnen konkrete Aufgaben ableiten, deren Bearbeitung Rückschlüsse auf den Kompetenzerwerb, aber auch auf Fehlkonzepte wie auch Bearbeitungsfehler erlaubt. Daher ist ein individuelles Feedback basierend auf dem Antwortverhalten in ELFE bis zu einem gewissen Grad möglich.

Die Lerninhalte und die korrespondierenden Aufgaben sind in Lernsequenzen (d.h. in einem Instruktionsdesign) in der online Lernplattform ELFE umgesetzt, die gewöhnlich im Blended-Learning-, aber auch teilweise im Inverted-Classroom-Ansatz genutzt werden. Das zugrunde liegende Kompetenzmodell umfasst ca. 150 Einzelkompetenzen und 30 Vorkompetenzen (aus Statik und Höhere Mathematik), die in Form von Lehrvideos/-texten, Demonstratorvideos (für experimentelle Versuche), Screencasts und Aufgaben vermittelt werden. Die Lernsequenzen bilden einzelne, abgrenzbare Kompetenzen innerhalb der verschiedenen Inhalte der Festigkeitslehre ab. Sie stellen einen festen, statischen Ablauf des Kompetenzerwerbs dar.

Die bisherige Nutzung der Lernsequenzen hat gezeigt, dass bestimmte Gruppen von Studierenden gerne auf das online Lernen zurückgreifen und dabei auch Lernerfolge (bestimmbar über online Tests) bei großer Zufriedenheit (durch Befragungen ermittelt) erzielen.

Sehr gute Studierende möchten allerdings die Lernsequenzen eher als Leistungsüberprüfung nutzen. In diesem Fall wird schnell zu den abschließenden Aufgaben einer Lernsequenz gesprungen. Integrierte Mastery-Learning-Stufen gemäß Bloom [4] werden dann als störend empfunden, da diese nicht dem tatsächlichen, individuellen Leistungsniveau entsprechen, d.h. einzelne Kompetenzen (insbesondere Vorkompetenzen), die in der Lernsequenz thematisiert werden, werden bereits sehr gut beherrscht und brauchen tatsächlich nicht mehr vermittelt und überprüft zu werden. Um diese Problematik abzuschwächen, können adaptive Lernsequenzen [5] eingesetzt werden. Eine grundsätzliche Lösung stellen diese jedoch nicht dar, da nach wie vor eine bestimmte Vorstellung über erfolgreiche Lernwege trotz möglicher Verzweigungen vorherrscht, die mitunter den jeweiligen Lernbedürfnissen widersprechen.

Durchschnittliche bis sehr schwache Studierende beurteilen die Lernsequenzen in ELFE ebenfalls gut. Allerdings zeigt sich auch hier, dass die Lernsequenzen nicht unbedingt zum individuellen Kompetenzniveau passen. Diese Studierenden weisen Defizite bei teilweise elementaren Vorkompetenzen auf. Sie scheitern an bestimmten Stellen der Lernsequenzen, ohne dass ein konkreter

Hinweis vom online System auf die fehlenden Fähigkeiten gegeben werden kann. Die Schwierigkeiten liegen tiefer, als die jeweilige Lernsequenz dies offenlegt.

Insgesamt wird das kompetenzorientierte online Lernen in der TM sehr positiv durch Studierende beurteilt. Selbst von denen, die eher größere Probleme mit dem Bearbeiten der Lernsequenzen haben. Allerdings ist auch ersichtlich, dass die Studierenden erfolgreich die Lernsequenzen nutzen, bei denen sich ihr Kompetenzniveau deutlicher in der Lernsequenz widerspiegelt. Die umgesetzten, statischen Lernsequenzen sind daher nur bedingt für heterogene Lerngruppen geeignet.

3. Problemstellung, Ziele und Neuartigkeit der Lehrinnovation

Mit der online Plattform ELFE steht ein kompetenzorientierter Lernansatz für das Fach Technische Mechanik (TM) zur Verfügung. Bisher sind die zugrunde liegenden Kompetenzen basierend auf den Lehrerfahrungen von einzelnen Lehrenden der TM in Form von statischen Lernsequenzen in ELFE fest miteinander kombiniert worden. Diesen Lernsequenzen liegt somit eine bestimmte Vorstellung über die bei Studierenden vorauszusetzenden und zu erlernenden Fähigkeiten zu Grunde und wie diese vermittelt werden. Hieraus ergeben sich zwei wesentliche Defizite:

Erstens kann die Individualität des Lernprozesses, die heute in der TM aufgrund der großen Heterogenität der Lerngruppen vorzufinden ist, höchstens für einen gewissen Teil von Studierenden berücksichtigt werden. Diesen Schluss legen nicht nur die Studierenden-Befragungen zur Nutzung der ELFE-Plattform nahe, sondern entsprechen auch der Wahrnehmung des Antragstellers Linke. Weil diese Lernplattform aber grundsätzlich die Möglichkeit bietet, sehr unterschiedliche Lernsequenzen aus dem großen Fundus an Einzelkompetenzen der ELFE-Plattform zusammenzustellen, bleibt das Potential ungenutzt, jeder/m Studentin/en den Lernweg aufzuzeigen, der bei ihr/ihm zu einem deutlichen Lernerfolg führt.

Zweitens können individuelle Lernwege aufgezeigt werden, wenn Lernende und Lehrende interagieren. Dadurch bekommt nicht nur die/der Lernende von der Lehrkraft ein Feedback, sondern auch die Lehrkraft zu dem, was verstanden wurde und was nicht. Erst durch das Erleben von Vielfalt in der Lehrveranstaltung können Lehrende eine Vielzahl von verschiedenen individuellen Lernwegen aufzeigen. Beim online Lernen mit Lernsequenzen ist dieses systematische Lernen bei Lehrenden außer Kraft gesetzt. Als Folge bleibt auch hier ein Potential des online Lernens ungenutzt; denn online Lernen bedeutet, dass große Datenmengen zum Lernverhalten existieren, die gesammelt und adäquat zum Nutzen der Lernenden ausgewertet werden können.

Eine Möglichkeit, die beiden genannten Potentiale im Kontext des online Lernens zu nutzen, stellt der Einsatz von Maschinellen Lernverfahren (ML) dar, die in großen Datenmengen Muster erkennen können. Daraus leiten wir die langfristige **Vision unserer Lehrinnovation** ab:

Jeder/m Studentin/en wird ein online Coach für das Fach TM zur Seite gestellt. Dieser Coach hat gelernt, wie andere Studierende den größten Lernerfolg erzielt haben. Er kann daher individuell passend online Lernsequenzen zusammenstellen. Lernweg und Lerngeschwindigkeit sind individuell passend.

Inwieweit heute bereits diese Vision eine realistische Chance auf Umsetzung besitzt, möchten wir mit dem beantragten Fellowship untersuchen. Die **zentralen Ziele** unseres Vorhabens sind daher:

1. **Flexibilisierung der kompetenzorientierten online Lernwege**, so dass automatische, also dynamische online Lernsequenzen generiert werden können.
2. **Evaluation des Studierendenverhaltens mit Maschinellen Lernverfahren** in der online Lernumgebung, um Einflussfaktoren auf den Lernerfolg zu identifizieren, die bisher unerkannt blieben.
3. **Überführung** der Erkenntnisse aus dem Maschinellen Lernen **auf Lehr-Lern-Formate in Präsenzveranstaltungen.**

Die Kombination der Flexibilisierung der online Lernsequenzen in der TM mit Maschinellen Lernverfahren zur Identifikation von individuell erfolgversprechenden Lernwegen stellt einen neuartigen Lernansatz sowohl für Lehrende als auch Lernende der TM dar.

Das Vorhaben ist in einzelne Arbeitspakete (AP) untergliedert (vgl. Arbeitsplan in Anlage 1). Im AP1 werden automatisch generierte Lernwege softwaretechnisch umgesetzt. Darauf aufbauend werden in AP2 Modelle entwickelt, um individuelle Lernpfade zu erstellen. Hierbei findet eine systematische Erweiterung ausgehend von einer regelbasierten Generierung mittels Kompetenzabhängigkeiten auf Maschinelle Lernverfahren statt. Begleitet wird das Vorhaben durch eine intensive Erprobung in AP3, bei der sowohl das Feedback von Studierenden und Lehrenden eingeholt als auch eine Bewertung des Einflusses von individuellen Lernwegen auf den Lernerfolg durchgeführt wird. Im AP4 wird das Transferpotential evaluiert, inwieweit die Erkenntnisse aus den individuellen Lernwegen kombiniert mit Maschinellen Lernverfahren auf die Präsenzphase im Fach TM übertragen werden können.

4. Implementierung im Pflichtfach Technische Mechanik-Festigkeitslehre

Die geplante Lehrinnovation wird im Fach Technische Mechanik (TM) - Festigkeitslehre der Bachelorstudiengänge Fahrzeugbau und Flugzeugbau implementiert, das für alle Studienschwerpunkte des Studienganges eine Pflichtveranstaltung im 2. Fachsemester darstellt. Typischerweise besuchen bis zu 100 Studierende die einzelne Lehrveranstaltungsstunde bei insgesamt ca. 150 bis 200 Studierenden pro Semester. Die hohe Anzahl der Studierenden kommt hierbei insbesondere durch Studierende zustande, die den Kurs wiederholen. Aufgrund der Kohortengröße ist das Anstoßen von individuellen und selbstgesteuerten Lernprozessen durch den Lehrenden im seminaristischen Unterricht (der die gewünschte Unterrichtsform darstellt) deutlich erschwert. Der Arbeitsaufwand für die Studierenden umfasst insgesamt 240 Stunden, von denen ca. 50 % im Eigenstudium zu leisten sind. Abgeschlossen wird das Fach mit einer Pflichtklausur, bei der die Durchfallquote gewöhnlich 35 bis 60% beträgt. Weil Lehrveranstaltungen in höheren Fachsemestern zum Teil sehr stark auf die im Fach Festigkeitslehre vermittelten Fähigkeiten aufbauen, trägt das erfolgreiche Lernen der Inhalte der Festigkeitslehre wesentlich zum Studienerfolg bei. Die individuellen online Lernwege werden technisch in der ELFE-Plattform umgesetzt und im Blended-Learning-Format im Fach Festigkeitslehre des Antragstellers Linke genutzt.

5. Erfolg und Risiken der Lehrinnovation

Ein erfolgreiches Vorhaben weist verschiedene Aspekte auf. Wir sehen Erfolge, wenn wir über individuelle Lernwege in der TM die Selbstlernkompetenz, die Lernmotivation und den Lernerfolg bei Studierenden im Fach TM stärken können und wenn wir gleichzeitig neue Erkenntnisse zum Lernen, insbesondere im Fach TM erhalten. Risiken betreffen in erster Linie die Generierung eines ausreichend großen Datenvolumens für eine erfolgreiche Anwendung von Maschinellen Lernverfahren und die damit verbundenen Fragen des Datenschutzes und der Datensicherheit.

Lernerfolg bei den Studierenden: Der Lernerfolg der Studierenden wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, weshalb die Leistungsentwicklung gewöhnlich nur schwer einer Lehrinnovation zugeordnet werden kann. Allerdings stellen die Korrelation von Lernaktivitäten mit Leistungsveränderungen wie auch die Ermittlung der Studierenden-Zufriedenheit mit der umgesetzten Lehrinnovation ein zentrales Element des Fellowship dar (vgl. Arbeitspaket 3 in Anlage 1).

Grundsätzlich wird die Entwicklung des Leistungsstandes während des Vorhabens ausgehend von Startquizzes über die Bearbeitung von Aufgaben in einzelnen Lernsequenzen verfolgt. Zusätzlich werden Leistungsüberprüfungen erstellt, die die Studierenden am Ende des jeweiligen Semesters zur Übung bzw. Vorbereitung auf die Prüfung freiwillig bearbeiten können.

Gleichzeitig werden die Durchschnittsnoten und Durchfallquoten der Klausur am jeweiligen Semesterende, die nach der Einführung der Lehrinnovation zu beobachten sind, zur Bewertung des Lernerfolgs infolge der Lehrinnovation herangezogen. Bei der Lernerfolgsmessung wird zwischen der Wirkung von dynamischen Lernsequenzen ohne und mit Nutzung von Maschinellen Lernverfahren differenziert, d.h. die Entwicklung des Leistungsstandes wird nicht nur im Vergleich zu den statischen Lernsequenzen evaluiert, sondern auch inwieweit ein Maschinelles Lernverfahren tatsächlich individuelle Lernwege aufzeigen kann.

Lernerfolg bei den Fellows: Die anvisierten online Lernprozesse bewirken bei Studierenden nicht notwendigerweise eine Leistungssteigerung, nur weil es sich um E-Learning handelt. Einen Gewinn sehen die Antragsteller bereits, wenn neue Erkenntnisse aus dem online Lernen (insbesondere mittels Maschinellem Lernverfahren) auch für die Präsenzphase im Fach Festigkeitslehre systematisch nutzbar gemacht werden können, beispielsweise aus Erkenntnissen hinsichtlich besonders relevanter Vorkompetenzen, neuer unbekannter Fehlkonzepte oder komplexerer Bearbeitungsfehler in Aufgaben. Aus diesem Grunde wird der Antragsteller Linke durch einen Lehr-Lern-Coach (finanziert über die Arbeitsstelle Studium und Didaktik der HAW Hamburg, vgl. Finanzierungsplan in Anlage 2) über einen längeren Zeitraum während der Dauer des Vorhabens mit dem Ziel begleitet, Lehr-Lern-Prozesse für Präsenzphasen zu konzipieren, in denen weiterhin Lehrende eine wichtige Rolle in den Stoffaneignungsprozessen der Studierenden innehaben und diese adäquat unterstützen.

Lernmotivation, Lernzufriedenheit sowie Nutzungsbereitschaft: Die Entwicklung der modifizierten ELFE-Plattform wird mit Evaluationen durch Studierende sowie Lehrende der Festigkeitslehre begleitet. Ziel ist es, ein Feedbackinstrument zur Abschätzung der Qualität des entwickelten online Systems auf der Basis von Gesprächen zwischen den Fellows auf der einen und Studierenden sowie Lehrenden der Festigkeitslehre auf der anderen Seite zu etablieren. Dies soll eine kontinuierliche Verbesserung während des Vorhabens ermöglichen. Zentral sind Fragen zur Lernmotivation, Lernzufriedenheit mit sowie zur Nutzungsbereitschaft gegenüber der online Lernumgebung. Darüber hinaus wird mit den an der HAW Hamburg üblichen Lehrevaluationen der Serviceeinrichtung EQA für Evaluation, Qualitätsmanagement, Akkreditierung die Lernmotivation und -zufriedenheit der Studierenden auf der Basis von standardisierten Fragebögen im Vergleich zu vorherigen Lehrveranstaltungen im Fach Festigkeitslehre ermittelt.

Risiko einer geringen Beteiligungsbereitschaft und resultierendes geringes Datenvolumen: Ein potentiell Risiko besteht darin, dass Studierende nicht in ausreichender Anzahl zur Nutzung des online Systems bewegt werden können. Als Folge stehen möglicherweise nicht genügend Daten zur Verfügung, um mit Hilfe von Maschinellen Lernverfahren Muster identifizieren zu können, die die Basis von veränderten, alternativen Lernwegen sind.

Gründe für eine geringe Beteiligungsquote werden in einer möglichen Unzufriedenheit der Studierenden mit dem online System gesehen. Zudem kann die Bereitschaft zur Mitwirkung dadurch eingeschränkt sein, dass für die Erstellung und Analyse von individuellen Lernwegen auch personenbezogene Daten gespeichert werden müssen.

Um frühzeitig eine geringe Beteiligungsbereitschaft zu erkennen und dieser entgegen wirken zu können, wird unter anderem das oben skizzierte Feedbackinstrument zur Lernmotivation, Lernzufriedenheit und Nutzungsbereitschaft etabliert. Darüber hinaus wird der Einsatz individueller online Lernwege über einen langen Zeitraum von ca. 2 Jahren in Lehrveranstaltungen zur Festigkeitslehre erprobt. Folglich können potentiell mehr Studierende zur Nutzung der online Lernwege angeregt werden. Bzgl. einer möglichen ablehnenden Haltung gegenüber der Speicherung von personenbezogenen Daten wird die Strategie verfolgt, dass Nutzerinnen und Nutzer zum einen über ihre Daten und deren Handhabung – konform mit der Datenschutz-Grundverordnung – souverän

entscheiden können. D.h. die Handhabung der Datenspeicherung ist offen und transparent. Die getätigten Einstellungen können geändert werden. Zum anderen werden verschiedene Detaillierungsgrade der Datenspeicherung verwendet. Dies bedeutet, dass Nutzerinnen und Nutzer zwischen vollständiger Anonymität über typische Datenspeicherung von E-Learning-Systemen bis hin zu sehr detaillierten Speicherungen, bei denen beispielsweise auch sozioökonomische Merkmale erfasst werden, wählen können.

Risiko Datensicherheit: Da individuelle Lernwege basierend auf personenbezogenen Daten nur dann generiert werden können, wenn die Daten gespeichert werden, ist rein technisch die Datensicherheit mit dem eingesetzten online System zu erzielen, d.h. dass die Daten gegen Verlust, Manipulationen und andere Bedrohungen zu sichern sind. Dies ist bei der softwaretechnischen Entwicklung zu beachten. Enorme Zusatzaufwände müssen dafür jedoch nicht vorgehalten werden, da die ELFE-Plattform in eine andere online Lernumgebung integriert ist, bei der das Thema der Datensicherheit bereits eine zentrale Anforderung darstellt. Spezielle Anforderungen, die sich aus der ELFE-Plattform ergeben, sind in den Arbeitsaufwände des Vorhabens grundsätzlich berücksichtigt, können aber nicht vollständig vor der Bearbeitung abgeschätzt werden.

6. Nachhaltigkeit und Vernetzung an der HAW Hamburg

Die im Vorhaben des Fellowship entwickelte Methodik zur Erstellung von individuellen Lernwegen (insbesondere unter Nutzung von Maschinellen Lernverfahren) wird in der online Lernumgebung ELFE integriert, welche selbst Teil der Online-Plattform viaMINT ist. viaMINT basiert auf der Open-Source Lernplattform Moodle und ermöglicht Instruktionslehre durch selbst entwickelte Plugins unter anderem mittels Lernsequenzen (vgl. [6]). Sie stellt schwerpunktmäßig eine videobasierte interaktive Lernumgebung dar, die ein individualisiertes Auffrischen der schulischen Vorkenntnisse für die Fächer Mathematik, Physik, Chemie und Informatik vor Studienbeginn möglich macht. viaMINT wurde an der Fakultät Technik und Informatik der HAW Hamburg entwickelt und wird sowohl im Blended-Learning (vgl. [7]) als auch als allein stehende online Lernumgebung verwendet. Sie steht zudem den Studierenden semesterbegleitend in der Studieneingangsphase zur Verfügung. viaMINT (und darüber auch ELFE) wird durch hochschulinterne Mittel gewartet und weiterentwickelt. Eine langfristige Nutzung der im Rahmen des Fellowship erarbeiteten Methodik zur Erstellung von individuellen online Lernwegen in der Festigkeitslehre ist daher gewährleistet. Da ELFE hochschulintern allen Studierenden und Lehrenden zur Verfügung steht, kann die Lehrinnovation auch hochschulweit eingesetzt werden.

Um möglichst viele Lehrende der Festigkeitslehre zur Nutzung der implementierten Methodik zur Generierung von individuellen Lernwegen in eigenen Lehrveranstaltungen zu bewegen, wird einerseits in Informationsveranstaltungen auf die Potentiale der online Plattform hingewiesen. Andererseits werden während der Laufzeit des Vorhabens bereits Lehrende der TM in die Entwicklung einbezogen. Sie werden frühzeitig zur Plattform und zu den Nutzungsvoraussetzungen befragt, um daraus eine möglichst große Akzeptanz seitens der Lehrenden erzielen zu können. Dieses Vorgehen ist bereits erfolgreich in der Vergangenheit bei der Entwicklung des zugrunde liegenden kompetenzorientierten Lernansatzes in ELFE verfolgt worden. Das Feedback hierzu war sehr nützlich und weitestgehend positiv. Allerdings zeigte sich auch, dass Lehrende häufig eine sehr klare, feste Vorstellung über die didaktische Vermittlung der Lehrinhalte und der Reihenfolge der Vermittlung haben. Folglich werden statische Lernsequenzen nur bedingt für die eigene Lehre akzeptiert. Hier kann möglicherweise die Erstellung von dynamischen Lernsequenzen zu einer größeren Akzeptanz und damit zu einem breiteren Einsatz der ELFE-Plattform führen.

Eine ähnliche Ausgangssituation wie im Fach Festigkeitslehre herrscht im Fach TM-Statik, zu dem der Antragsteller Linke ebenfalls regelmäßig Lehrveranstaltungen anbietet. Beim Fach Statik handelt

sich um ein Grundlagen- bzw. Pflichtfach des 1. Fachsemesters der Bachelorstudiengänge Fahrzeugbau und Flugzeugbau, das zum hier diskutierten Fach Festigkeitslehre hinführt. Die für das Fach Festigkeitslehre geltende Problematik ist im Fach Statik noch ausgeprägter, da zum einen die Kohorten gewöhnlich größer sind und es sich um eine Erstsemesterveranstaltung handelt, bei der in der Regel die Selbstlernkompetenz der Studierenden noch weniger ausgebildet ist. Zum anderen beherrschen viele Studierende die notwendige Mathematik nicht, die zum Teil im Fach Statik vorausgesetzt wird. Da in der Lernplattform ELFE ebenfalls Inhalte des Faches Statik kompetenzorientiert abgebildet sind, wird eine Erweiterung auf individuelle Lernwege auf das Fach Statik im Nachlauf zum Fellowship durch studentische Arbeiten und studentische Hilfskräfte angestrebt.

Langfristig ist eine Übertragung des im Fellowship verfolgten Lernansatzes mit individuellen Lernwegen in das Blended-Learning-Konzept viaMINT der Fakultät Technik und Informatik der HAW Hamburg sinnvoll, da die online Lernumgebung ELFE softwaretechnisch Teil dieser Plattform ist. Durch das Vorhaben des Fellowship wird viaMINT um das Konzept der individuellen selbstlernenden Lernpfade erweitert, so dass grundsätzlich dieses auch für andere online Kurse genutzt werden kann.

Zum Aufbau von ELFE hat eine intensive Zusammenarbeit mit dem Team viaMINT hinsichtlich Kompetenzorientierung stattgefunden. viaMINT ist dabei um Datenbanken und verschiedene Funktionalitäten insbesondere im Bereich von online Aufgaben (wie Mastery-Learning-Ansätzen) erweitert worden. Hierbei hat auch ein intensiver Diskurs stattgefunden, wie kompetenzorientierte Lernansätze in der viaMINT-Umgebung integriert werden können. Aus dieser sehr guten hochschulinternen Kooperation sind unter anderem Konferenzbeiträge entstanden (vgl. [2, 5]). Über die gemeinsamen Entwicklungen und Arbeiten wird auch in Zukunft weiter z.B. auf Konferenzen berichtet werden. Hierfür ist ein entsprechendes Budget im Vorhaben berücksichtigt (vgl. Anlage 2). Darüber hinaus informieren wir über unsere Lehr-Lern-Projekte am Tag der Lehre an unserer Hochschule. Zur Umsetzung der geplanten Lehrinnovation ist weiterhin eine enge Kooperation und der Austausch mit dem viaMINT-Team insbesondere hinsichtlich der softwaretechnischen Realisierung geplant.

In die ELFE-Plattform sind die Erfahrungen von Lehrenden aus verschiedenen Fakultäten (Technik & Informatik, Life Sciences) und Departments (Fahrzeugbau & Flugzeugbau, Maschinenbau & Produktion, Verfahrenstechnik) eingeflossen. Lehrende der TM sind und waren direkt in die Entwicklung integriert oder haben durch ihr Feedback zu den Inhalten, der softwaretechnischen Umsetzung hilfreiche Unterstützung geleistet. Diese Zusammenarbeit wird von den Antragstellern sehr geschätzt und auch weiterhin gepflegt. Hierfür werden in der Erprobungsphase der Lehrinnovation Lehrende der TM zur Evaluierung der individuellen Lernwege hinzugezogen.

Zwischen den Antragstellern besteht ein enger Kontakt zur Arbeitsstelle Studium und Didaktik (ASD) der HAW Hamburg. Die Antragsteller haben das umfangreiche Weiterbildungsprogramm der ASD zur persönlichen Weiterbildung genutzt (siehe Lebensläufe in Anlage 4), unter anderem um die Lehre auf einen kompetenzorientierten Ansatz umzustellen. Im Rahmen des Fellowship finanziert die ASD dem Antragsteller Linke ein externes Coaching, mit dem die Erkenntnisse aus dem Fellowship vor dem Hintergrund des eigenen Lehrhandelns reflektiert und damit auch in die Präsenzphase von Lehrveranstaltungen aktiv integriert werden kann.

Darüber hinaus wirkt der Antragsteller Linke im Arbeitskreis E-Learning der HAW Hamburg mit, in dem über hochschulinterne E-Learning-Projekte und -Maßnahmen informiert und eine gemeinsame Weiterentwicklung des E-Learning an der HAW Hamburg vorangetrieben wird.

Insgesamt sind die Antragsteller intensiv in die Weiterentwicklung der Lehre an der HAW Hamburg integriert. Infolge der softwaretechnischen Umsetzung des geplanten Vorhabens in die online Lernumgebung viaMINT der Fakultät Technik und Informatik der HAW Hamburg ist eine

langfristige Nutzung der individuellen Lernwege in der TM mittels Maschinelles Lernverfahren gegeben.

7. Transferpotential

Die erarbeitete Systematik zur Erstellung von individuellen online Lernwegen kann grundsätzlich auf digitalisierte Lernszenarien übertragen werden, bei denen zum einen die zu erlernenden Fähigkeiten basierend auf den Lerntaxonomiestufen nach Anderson und Krathwohl [3] kompetenzorientiert beschrieben sind. Zum anderen müssen die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Kompetenzen bekannt bzw. definiert sein. Die Kompetenzen sind dann aufgrund der zugrunde liegenden operationalisierbaren Lernziele in Aufgaben überführbar, anhand derer im Wesentlichen beurteilt werden kann, ob Kompetenzen vorliegen oder nicht. In diesem Fall ist die Methodik zur Generierung von individuellen Lernwegen anwendbar und die Nutzung Maschinelles Lernverfahren (ML) auf andere Disziplinen übertragbar. Insbesondere erscheint es möglich, dass durch die Anwendung von ML Zusammenhänge zwischen den einzelnen Kompetenzen erkannt werden, die bisher nicht oder nicht explizit bekannt waren. Sollte sich dies im Anwendungsgebiet der TM im Rahmen dieses Vorhabens zeigen, so ist zu vermuten, dass eine solche Identifikation von Abhängigkeiten zwischen Kompetenzen auch in anderen Disziplinen geleistet werden kann.

Schließlich kann die vorgeschlagene Methodik in der hier untersuchten Anwendung für die Lehre von Verfahren des ML selbst genutzt werden. Die Lehre von ML-Methoden ist geprägt durch einen hohen mathematischen Anteil verbunden mit einem meist schwer zu erfassenden Zugang. Konkrete Beispiele der Anwendung von ML-Methoden sind dringend notwendig. Eine Anwendung in Form einer Metaebene des Lernens (hier: Analyse des Lernprozesses mit ML-Methoden) wäre eine ganz besondere Unterstützung der ML-Lehre: Die Studierenden können sowohl die Anwendung einer zu lernenden Methode sehen und sich gleichzeitig im Anwendungsfall selbst wiedererkennen. Ein solcher gleichzeitiger Zugang als Anwender einer Methode und als Objekt der Methodenanwendung ist eine vielversprechende Form der Lernunterstützung, die dringend zu evaluieren ist und daher im Rahmen der Lehre des Antragstellers Tiedemann ausprobiert wird.

8. Austausch mit Fellows

Bei der Weiterentwicklung unserer Lehre haben wir in den letzten Jahren sehr stark vom Diskurs mit anderen Lehrenden profitiert. Ermutigt durch Diskussionen in Weiterbildungsprogrammen wie auch gemeinsamen Lehr-Lern-Projekten und unterstützt durch einzelne Kolleginnen und Kollegen haben wir neue Lehr-Lernformen ausprobiert.

Besondere Anstrengungen hat der Antragsteller Linke bei der Umstellung seiner Lehre auf einen kompetenzorientierten Lernansatz in Fächern der TM unternommen. Hierbei hat er die Erfahrung gemacht, dass es mitunter ein weiter Weg von der theoretischen Fundierung der Kompetenzorientierung bis hin zur erfolgreichen digitalen Umsetzung in einem sehr mathematischen und modelltheoretischen Fach wie der TM ist, insbesondere wenn die Forschung zu Kompetenzmodellen in diesem Gebiet nicht abgeschlossen ist (vgl. [8]). Den Austausch mit Fellows sehen wir vor diesem Hintergrund als große Chance, unsere Erfahrungen und unsere erworbene Expertise zu teilen und in die Diskussionen mit den Fellows des Programms einzubringen und einen Beitrag zur Weiterentwicklung von Hochschullehre zu leisten.

Gleichzeitig empfinden wir es als große Bereicherung, wenn wir unser Konzept der individuellen online Lernwege im Kreis der Fellows zur Diskussion stellen dürfen. Wir versprechen uns Anregungen zu Evaluationsoptionen und kritisches Feedback zu unserer Lehrinnovation sowie Hinweise darauf, wie unsere Erkenntnisse zu individuellen Lernpfaden in anderen Lern-Lehr-Szenarien genutzt werden können. Aufgrund der positiven Erfahrungen beim Austausch mit Lehrinteressierten hoffen wir, neue Impulse für unsere persönliche Weiterentwicklung als Lehrende zu

erhalten und spannende neue Lehr-Lern-Formate kennenzulernen und unsere Erfahrungen dort einbringen zu können.

9. Mehrwert der Tandem-Kooperation

Das vorgeschlagene Vorhaben ist nur als Tandem-Kooperation durchführbar, da interdisziplinäre Expertisen benötigt werden. Zum einen wird das Fachwissen des Anwendungsfalls (hier im Fach TM) benötigt, um Einzelkompetenzen und Abhängigkeiten dazwischen genau identifizieren und in der Anwendung der ML-Methoden vergleichen zu können. Gleichzeitig wird die Kompetenz bezüglich der zum Einsatz kommenden ML-Verfahren benötigt, um geeignete Methoden auswählen und Ergebnisse korrekt einschätzen zu können. Eine ausschließliche Durchführung innerhalb einer Disziplin (z.B. innerhalb der Lehre Maschinelles Lernverfahren) wäre nur von sehr eingeschränktem Wert, da die Anwendung der ML-Methoden und die Bewertung ihrer Ergebnisse stets als „Insider“ mit klaren Erwartungen erfolgt. Nur die Anwendung auf eine fachfremde Disziplin kann zeigen, ob Methoden und Ergebnisse vielversprechend, insbesondere für einen Transfer auf andere Disziplinen sind.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2018: Schnellmeldungsergebnisse der Hochschulstatistik: Vorläufige Ergebnisse - Wintersemester 2017/2018, online: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/Hochschulen/SchnellmeldungWSvorlaeufig.html>, zuletzt besucht am 10. Juli 2018
- [2] Linke Markus, Landefeld Karin (2018): Kompetenzorientierte Lehre in der Technischen Mechanik - softwaretechnisch umgesetzt, In: Buchner, J.; Freisleben-Teutscher, C.F. ; Haag, J.; Rauscher, E. (Hrsg.): Inverted Classroom - Vielfältiges Lernen, Begleitband zur 7. Konferenz Inverted Classroom and Beyond 2018, Fachhochschule St. Pölten/Österreich, 20.-21. Februar 2018, S. 165-170 - ISBN: 978-3-99023-489-1
- [3] Anderson Lorin W. & Krathwohl, David R. (2001): A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
- [4] Bloom Benjamin S. (1968): Learning for Mastery, Instruction and Curriculum. Regional Education Laboratory for the Carolinas and Virginia, Topical Papers and Reprints, No 1.
- [5] Linke Markus, Landefeld Karin (2018): Competence-based Learning in Engineering Mechanics in an Adaptive Online-Learning Environment, 19th SEFI Mathematics Working Group Seminar, 26.-29. Juni 2018, Coimbra/Portugal
- [6] Landefeld Karin, Göbbels Martin, Hintze Antonia (2016): A customized learning environment and individual learning in mathematical preparation courses, 13th International Congress on Mathematical Education, Hamburg, 24.-31. Juli 2016
- [7] Göbbels Martin, Hintze Antonia, Landefeld Karin, Priebe Jonas & Stuhlmann Ann Sophie (2016): A Blended Learning Scenario for Mathematical Preparation Courses – Video Based Learning and Matching In-Class Lectures, In: Proceedings of the 18th SEFI (European Society for Engineering Education) - MATHEMATICS WORKING GROUP SEMINAR, 27.-29. Juni 2016, Göteborg/Schweden, S.93-98
- [8] Dammann Elmar (2016): Entwicklung eines Testinstruments zur Messung fachlicher Kompetenzen in der Technischen Mechanik bei Studierenden ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge, Dissertation, Universität Stuttgart