

Mixed-Reality Lernumgebung zur Förderung anwendungsorientierter Gestaltungskompetenz

Dr.-Ing. Christopher Brandl, RWTH Aachen University

Projektantrag für die gemeinsame Programmlinie

FELLOWSHIPS FÜR INNOVATIONEN IN DER DIGITALEN HOCHSCHULLEHRE

des Ministeriums für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW und des Stifterverbandes



1. Warum bewerben Sie sich um ein Fellowship? (persönliche Motivation)

Mit Begeisterung habe ich Maschinenwesen mit Vertiefung im Bereich der Arbeitswissenschaft und Produktionstechnik studiert. Besonders während der anwendungsorientierten Bestandteile, wie Laborpraktika, Industriepraktikum und externer Abschlussarbeit, wurde mir die Diskrepanz zwischen universitärem „Theoriewissen“ und praktischem „Anwendungswissen“ deutlich. Die eigenen Kompetenz- und Wissenslücken waren unmittelbar präsent und mussten entsprechend selbstständig aufgearbeitet werden. Hierbei half das direkte Feedback der Arbeit an sich über die Effektivität des neu erlernten Wissens bei der praktischen Anwendung. Fehler und Irrwege fielen direkt auf, motivierten mich aber auch zum weiteren Wissenserwerb. Rückblickend waren es diese anwendungsorientierten Bestandteile, die mein Wissen am nachhaltigsten prägten und festigten. Das dort erarbeitete und angewandte Wissen ist mir deshalb auch heute noch sehr präsent, auch wenn ich es nicht täglich benötige. Dies lässt sich durch empirisch nachgewiesene Sachverhalte, wie z. B. dass Lernen aus Fehlern eine effektive Lerngelegenheit darstellt (z. B. Deppe 2015; Bauer et al. 2007), erklären. Ich bin entsprechend überzeugt davon, dass das Anwenden von Wissen in realitätsnahen Aufgaben sich nicht nur positiv auf den eigentlichen Wissenserwerb und die Fachkompetenz auswirkt, sondern bspw. auch auf die Motivation für das Studienfach und den gewünschten „Blick über den Tellerrand“.

Bereits während meiner Studienzeit engagierte ich mich in der Lehre und habe zahlreiche Erfahrungen gesammelt. Ich arbeitete als Tutor im Fach Grundzüge der Maschinenkonstruktion sowie als wissenschaftliche Hilfskraft in der Lernfabrik „Advanced Industrial Engineering“. Darüber hinaus engagierte ich mich für den Fortschritt der universitären Lehre in zahlreichen Gremien im Maschinenbau, wie z.B. Fakultätsrat, Studienkommission und Prüfungsausschuss. Sehr prägend war die Vergabe und Begleitung von ca. 1,5 Mio. € Studiengebühren pro Jahr an Anträge für Lehrinnovationen, wodurch mir die Bandbreite innovativer Lehrkonzepte für den Maschinenbau erstmals bewusst wurde. Nach meiner Studienzeit begann ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University und durfte zunächst selbstständig Übungen der Lehrveranstaltung Einführung in die Arbeitswissenschaft durchführen, bis ich im SS2017 und SS2018 die gesamte Veranstaltung im Rahmen eines eigenen Lehrauftrags vertretungsweise für die Institutsleitung verantwortete. Hieraus entstand bei mir eine nachhaltige Motivation mich mit Lehrinnovationen im Bereich der Arbeitswissenschaft zu befassen, um bestehende Probleme anzugehen. Seit dem WS2018/19 habe ich einen Lehrauftrag für die Masterveranstaltung Methoden der empirischen Arbeitswissenschaft, die Gegenstand der Lehrinnovation sein soll.

Auch abseits der unmittelbaren Lehrtätigkeiten habe ich mich für die Verbesserung der Lehre eingesetzt. Im Jahr 2012 forcierte ich die Gründung eines gemeinnützigen Vereins, der herausragende arbeitswissenschaftliche Abschlussarbeiten mit hohem Praxisbezug prämiert und dadurch Studierende motivieren will, anwendungsorientiert zu arbeiten und zu denken. Anwendungsorientierung war und ist mir stets sehr wichtig, weshalb ich selbst eine Vielzahl an externen Abschlussarbeiten betreut habe, damit Studierende meine eingangs beschriebenen Erfahrungen auch selbst erleben und daraus lernen können. Zudem habe ich

Studierenden ermöglicht über das Undergraduate Research Opportunities-Programm (UROP) der RWTH Aachen an der praktischen Forschung in der Arbeitswissenschaft mitzuarbeiten. In den klassischen Lehrveranstaltungen finde ich die Anwendungsorientierung bislang jedoch zu wenig berücksichtigt.

Während meiner Promotion habe ich mich mit der ergonomischen Analyse von Körperhaltung befasst (Brandl et al. 2017). Dabei wurde die ErgoCAM als innovatives Messsystem für die betriebliche Belastungsanalyse entwickelt, die markerloses Motion Capture mit Belastungsanalysen kombiniert (Brandl et al. 2016). Anschließend wurde die ErgoCAM gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen weiterentwickelt, um biomechanische Forschung auf interaktive Art und Weise auch für Laien verständlich zu machen. Die ErgoCAM erhielt dafür eine Auszeichnung im "Wissenschaftsjahr 2018 – Arbeitswelten der Zukunft" für interaktive Kommunikation und gesellschaftliche Bedeutung der Forschung. Die ErgoCAM wird nun bereits in der Vorlesung „Methoden der empirischen Arbeitswissenschaft“ genutzt, um komplexe Biomechanik durch Augmented Reality in Echtzeit an realen, von den Studierenden ausgeführten Arbeitstätigkeiten (z. B. Heben einer Last) zu visualisieren und verständlich zu machen. Mit der geplanten Lehrinnovation soll es aber noch ein Schritt weitergehen, um die Gestaltungskompetenzen von Studierenden als zentrale Probleme der arbeitswissenschaftlichen Lehre in Masterveranstaltungen zu fördern.

Von dem Fellowship verspreche ich mir Freiräume, mich selbst stärker in die Weiterentwicklung und die Umsetzung meiner eigenen Lehrinnovationen und -ideen einbringen zu können, um Studierende mit anwendungsorientierter Lehre auf die späteren Herausforderungen im Arbeitsleben besser vorzubereiten. Hierzu gehört konsequenterweise auch die Anpassung des bisherigen Prüfungsformats, welches vorab zu erproben und zu evaluieren ist.

2. Was veranlasst Sie zu der geplanten Lehrinnovation? Welches Problem soll bearbeitet werden? Inwieweit handelt es sich dabei um ein zentrales Problem in der Lehre im jeweiligen Studienfach?

Die ingenieurwissenschaftliche Lehre an Universitäten ist durch einen Fokus auf technische und wirtschaftliche Zielgrößen geprägt; Fragen der Arbeitsgestaltung spielen hingegen oft nur eine untergeordnete Rolle. Die zur Verfügung stehenden technischen und betriebswirtschaftlichen Methoden ermöglichen üblicherweise eine quantitative Bewertung von Sachverhalten und lassen sich durch theoretische Anwendung und Übung gut auf spätere praktische Anwendungen übertragen.

Anders verhält es sich bei der Arbeitsgestaltung als Teilgebiet der Arbeitswissenschaft, die aufgrund der Komponente „Mensch“ eine höhere Komplexität umfasst. Die Arbeitswissenschaft als äußerst interdisziplinärer Lehr- und Forschungsbereich befasst sich mit dem Ziel, Arbeit sowohl menschengerecht als auch effektiv und effizient zu gestalten. Die zumeist nicht deterministischen (Gesamt-)Auswirkungen der Arbeitsgestaltung gilt es in der Praxis meist durch Erfahrungswissen abzuschätzen. Denn es gibt wenige Methoden, die prospektiv eine valide und quantitative Bewertung ermöglichen. Methoden, die jedoch eine quantitative Bewertung ermöglichen, sind zumeist „Gefährdungs-Schätzmethoden“ für Teilelemente der Arbeit (z.B. der ergonomischen Bewertung der Lastenhandhabung). Entsprechend schwierig

ist es für Studierende, ihre Ideen zur Arbeitsgestaltung innerhalb von Lehrveranstaltungen einer selbstständigen und realistischen Beurteilung zu unterziehen. Auch wenn sich die Bewertung von Teilaspekten der Arbeit mittels quantifizierender Methoden gut üben lässt, ist deren Anwendung nur „Mittel zum Zweck“ der eigentlichen Aufgabe, nämlich der Arbeitsgestaltung und Verbesserung von Arbeitsbedingungen an sich. Das Erlernen von Kompetenzen zur ergonomischen Arbeitsgestaltung ist allein schon aufgrund der arbeitswissenschaftlichen Komplexität (z. B. nicht deterministische Auswirkungen, Individualität von Arbeitspersonen) eine schwierige Aufgabe. Durch die betrieblichen Anforderungen bei der Entwicklung, Auswahl und Umsetzung von Lösungen der Arbeitsgestaltung, wie z. B. unterschiedliche, teils gegensätzliche Zielgrößen und Mitbestimmungsrechte für Betriebsräte nach § 87 BetrVG, wird das Lehren dieser Aufgabe noch herausfordernder.

Auch wenn sich das notwendige Grundlagen- und Theoriewissen in Vorlesungen noch gut vermitteln und prüfen lässt, greifen Praxisbezüge durch u. a. Fallbeispiele, Übungen und Videos häufig zu kurz und können die zuvor beschriebene, reale Komplexität von Auswirkungen nicht annähernd abbilden. Auswirkungen und Konsequenzen der Arbeitsgestaltung bleiben für Studierende zumeist abstrakt. In der Folge steht eine reduzierte Motivation der Studierenden, welche dem Aufbau einer günstigen motivationalen Lernsituation nicht förderlich ist. Doch genau dieser Zustand ist in Masterveranstaltung im Vergleich zu den grundlagen- und theorievermittelnden Bachelorveranstaltungen zu überwinden. Die Gestaltungskompetenz als eigentlich zentrale Aufgabe eines/r „Arbeitswissenschaftlers/in“ wird bisher lediglich in der Theorie vermittelt. Dies hat zur Folge, dass die Studierenden das erlernte Wissen (später) in komplexen Handlungssituationen nicht abrufen und anwenden können, was als „Phänomen des trägen Wissens“ beschrieben wird (Trench & Minervino 2017). Zur Ausprägung einer anwendungsorientierten Gestaltungskompetenz fehlt es bspw. an Möglichkeiten zum selbstständigen Anwenden, zum Lernen aus Fehlern, zum informellen Lernen und einer Selbstreflexion über eigene Gestaltungsideen sowie entsprechende Prüfungsformate, die die wirkliche Gestaltungskompetenz adäquat erfassen und den Lernerfolg somit messbar machen. Genau hier soll die geplante Lehrinnovation ansetzen.

3. Welche Ziele verfolgen Sie mit der geplanten Lehrinnovation?

Durch das Fellowship soll die Entwicklung, Umsetzung, Einführung und Evaluation der geplanten Lehrinnovation für die „Gefährdungsanalyse“ und „Belastungsanalyse“ als Anschlag ermöglicht werden. Die geplante Lehrinnovation soll bei zwei Lehrereinheiten planmäßig im November 2020 eingeführt und erprobt werden, sodass eine der Evaluation mit Studierenden im Realbetrieb durchgeführt werden kann.

Das Ziel der geplanten Lehrinnovation ist die Kombination von arbeitswissenschaftlichem Grundlagen- und Theoriewissen und die Förderung der anwendungsorientierten Gestaltungskompetenz bei der Arbeitsgestaltung von möglichst realitätsnahen betrieblichen Szenarien im Rahmen der Masterveranstaltung „Methoden der empirischen Arbeitswissenschaft“. Hierfür soll eine interaktive Mixed-Reality Lernumgebung aufgebaut werden, die Studierenden insbesondere das selbstständige Gestalten von Arbeitssystemen und Erkennen von Auswirkungen ermöglicht. Die Studierenden erarbeiten vor der Präsenzveranstaltung das notwendige Grundlagen- und Theoriewissen mit Hilfe der zur Verfügung gestellten E-Learning-

Materialien, um es während der Präsenzveranstaltung in der Mixed-Reality Lernumgebung anwenden zu können. Hierfür sind vorhandene E-Learning-Materialien anzupassen bzw. zu erweitern. Bei der geplanten Lehrinnovation handelt sich also um einen Flipped Classroom.

Die Mixed-Reality Lernumgebung besteht aus einer Modellfabrik mit realen und virtuellen Elementen, einer sogenannten Mixed-Reality-Modellfabrik. Die klassischen Modellfabriken werden zur Abbildung von Produktionssystemen eingesetzt und sind regelmäßig durch die Nutzung realer Systemkomponenten, wie z. B. Robotern, Werkzeugmaschinen, Fördertechnik oder Leitsysteme gekennzeichnet (Bauernhansl et al. 2014). Damit ist meist nur die Abbildung einer geringen Anzahl an Szenarien möglich. Dennoch können Nutzer die Arbeit in einer solchen Modellfabrik direkt erleben und nachvollziehen. Im Gegensatz dazu stehen digitale Fabriken und Planungswerkzeuge zur Abbildung von industriellen Fertigungssystemen (Vajna et al. 2018). Diese ermöglichen die Abbildung einer Vielzahl von Szenarien in kurzer Zeit. Im Gegensatz zu Modellfabriken ermöglichen digitale Planungswerkzeuge jedoch nicht das direkte Erleben und Nachvollziehen menschlicher Arbeit in einem solchen System. Die geplante Lehrinnovation umfasst die Verknüpfung einer realen Modellfabrik mit digitalen Planungswerkzeugen und der Visualisierung von Teilelementen einer digitalen Fabrik durch Augmented Reality. Somit lassen sich die Vorteile von Simulationen in das Konzept der Modellfabrik integrieren (Tzimas et al. 2019). Die dadurch entstehenden Mixed-Reality-Modellfabrik ermöglicht den Studierenden in einer neuen Lehr-Lern-Situation die Ausführung einer vollständigen Handlung in einer realistischen und flexiblen Lernumgebung.

Die Durchführung der Präsenzveranstaltung der geplanten Lehrinnovation in der Mixed-Reality Lernumgebung umfasst die vorherige Einteilung der Studierenden in betriebliche Stakeholder der Arbeitsgestaltung (u. a. Arbeitspersonen, Arbeitsgestalter, Betriebsräte und Geschäftsführung). Jede Stakeholdergruppe verfolgt andere Zielgrößen bei der Arbeitsgestaltung, die mittels E-Learning bereits erarbeitet wurden. Nach der Klärung von Fragen zu den E-Learning-Materialien und der Beantwortung von Verständnisfragen beginnt die eigentliche neue Lehr-Lern-Situation in der Mixed Reality Lernumgebung. Die für die Analyse und Beurteilung der bestehenden Arbeitssituation (welche von den Studierenden gemeinsam durchgeführt wird) notwendige Arbeitsausführung wird von mehreren Studierenden durchgeführt, um die individuelle Nutzung von Handlungsspielräumen bei der Arbeitsausführung beobachten zu können. In Abhängigkeit der Beurteilungsergebnisse werden dann in der Mixed-Reality Lernumgebung korrektive Maßnahmen innerhalb der verschiedenen Stakeholdergruppen samt der Ausführung erster Wirkungskontrollen erarbeitet, ausgewählt und umgesetzt. Im Anschluss wird pro Stakeholdergruppe eine Maßnahme zur Arbeitsgestaltung vorgestellt und es findet eine Simulation der Maßnahmenauswahl nach betrieblichen Rahmenbedingungen statt, d. h. die Stakeholdergruppe der Geschäftsführung entscheidet unter Berücksichtigung von Mitbestimmungsrechten nach § 87 BetrVG, Expertenwissen von Arbeitsgestaltern und (idealerweise) Beteiligung von Arbeitspersonen. Nach der Auswahl wird die Wirkungskontrolle durch Arbeitsausführung (wieder) mehrerer Personen und Bewertung erneut durchgeführt. Diese geplante Lehrinnovation soll für die Gefährdungs- und Belastungsanalyse wie nachfolgend beschrieben umgesetzt werden.

Bei der Gefährdungsanalyse gilt es, durch die Mixed-Reality Lernumgebung reale Produktionselemente mit virtuellen Gefährdungselementen zu verbinden. Hierdurch können Studierende alle Teilaufgaben einer Gefährdungsanalyse von der Gefährdungsermittlung und -beurteilung, über die Entwicklung und Durchführung von Maßnahmen bis hin zur Prüfung der Wirksamkeit und Dokumentation der Gefährdungsanalyse in einer realistischen Simulation ausführen, ohne selbst einer realen Gefährdung oder einem gefährlichen Zuständen (z. B. defekte Steckdose, fehlende Schutzeinrichtung an Maschinen, Lackierstäube) ausgesetzt zu sein. Hierfür werden zusätzlich zu den herkömmlichen „Papier- und Bleistiftmethoden“ auch digitale Checklisten zum Einsatz kommen.

Bei der „Belastungsanalyse“ wird ein realer und flexibler Montagearbeitsplatz um virtuelle Elemente, u. a. der Intralogistik, der Fabrikumgebung und robotischer Systeme erweitert. Diese Mixed-Reality Lernumgebung ist flexibel gestaltet, um erarbeitete Maßnahmen implementiert und einer Wirkungskontrolle unterziehen zu können. Einfache Maßnahmen am Arbeitsplatz (z. B. Höhenverstellung, Anordnung am Arbeitstisch) können real umgesetzt werden, wohingegen komplexe Maßnahmen (z. B. Neuordnung der Intralogistik, Einführung von kollaborierenden Robotern) in der virtuellen Umgebung sichtbar werden. Somit können auch diese Maßnahmen einer Wirkungskontrolle unterzogen werden. Für die ergonomische Bewertung steht neben herkömmlichen „Papier- und Bleistiftmethoden“ auch die vom Antragsteller entwickelte echtzeitfähige ErgoCAM (siehe persönliche Motivation) als digitales Assistenzsystem zur Verfügung.

Durch die geplante Lehrinnovation wird eine vollständige Handlungsausführung in den Schritten Informieren, Planen, Entscheiden, Ausführen, Kontrollieren und Bewerten ermöglicht, was den Prozess des Lernens für die Studierenden stark unterstützen soll und gleichzeitig die Gestaltungskompetenz fördert. Um den Studierenden eine Orientierung zur Erlangung der Gestaltungskompetenz zu bieten, sind die bestehenden Lernziele um die Aspekte der Gestaltungskompetenz zu erweitern.

Zur Prüfung der Gestaltungskompetenz ist zudem das mündliche Prüfungsformat insofern zu verändern, dass die Kontrolle von Grundlagen- und Theoriewissen mit Anwendungsbezug mittels Befragung durch die Prüfer auf ca. 50% der Zeit gekürzt und die anderen 50% der Prüfungszeit für die Kontrolle der erlangten Gestaltungskompetenz genutzt wird. Hierfür soll ein kurzes videobasiertes Fallbeispiel eingespielt werden, anhand dessen der/die Geprüfte die erlangte Gestaltungskompetenz darlegen kann. Hierfür sind Prüfkriterien zu erarbeiten und vorab zu erproben.

4. In welche Studiengänge und -abschnitte soll die geplante Lehrinnovation implementiert werden? Handelt es sich dabei um den Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlbereich?

An der RWTH Aachen sind an der Fakultät für Maschinenwesen im WS2018/19 insgesamt 12.652 Studierende, darunter 2.690 Fachanfänger, eingeschrieben. Die geplante Lehrinnovation soll in der Masterveranstaltung „Methoden der empirischen Arbeitswissenschaft“ implementiert werden. Die Veranstaltung wird in den Wahlpflichtbereichen folgender ingenieurwissenschaftlicher Masterstudiengänge angeboten:

- M.Sc. Allgemeiner Maschinenbau (technisch-naturwissenschaftliches Modul)
- M.Sc. Produktionstechnik (Übergreifender Wahlpflichtbereich)
- M.Sc. Wirtschaftsingenieurwesen FR Maschinenbau, Vertiefung Produktionstechnik (ingenieurwissenschaftlicher Wahlpflichtbereich)

Zudem ist nach erfolgreicher Evaluation in der Masterveranstaltung angedacht, Teilelemente der Lehrinnovation in die Bachelorveranstaltung „Einführung in die Arbeitswissenschaft“ zu implementieren. Die Veranstaltung wird im Pflichtbereich folgender Bachelorstudiengänge angeboten:

- B.Sc. Wirtschaftsingenieurwesen (übergreifender Pflichtbereich)
- B.Sc. Maschinenbau (Pflichtbereich im Berufsfeld Produktionstechnik)
- B.Sc. Psychologie (Wahlpflichtbereich „Themenmodul III: Arbeitswissenschaft“)
- andere ingenieur-, natur- und geisteswissenschaftliche Studiengänge (Wahlbereich)

5. Wie lassen sich nach Erprobung der Lehrinnovation Erfolg und eventuelle Risiken beurteilen?

Zur Beurteilung des Erfolgs der geplanten Lehrinnovation sind die bestehenden Lernziele um die Aspekte der Gestaltungskompetenz zu erweitern und die entsprechenden Prüfkriterien zu erarbeiten. Anhand der Prüfkriterien kann durch die Prüfung eine Erfolgsmessung stattfinden. Es ist zudem davon auszugehen, dass sich die geplante Lehrinnovation auch positiv auf die bestehenden Lehrinhalte auswirkt, was sich in einer Verbesserung der Prüfungsteilleistung „Kontrolle von Grundlagen- und Theoriewissen mit Anwendungsbezug“ äußern würde. Zudem wird der Erfolg der Lehrinnovation mittels der TAP-Methode (Teaching Analysis Poll) durch ExAcT (Center of Excellence in Academic Teaching) der RWTH Aachen direkt im Anschluss an die Erprobung im Realbetrieb überprüft.

Die Risiken der geplanten Lehrinnovation umfassen sowohl die Förderphase als auch die Verstetigung. Während der Förderphase wird durch ein klassisches Projektcontrolling u. a. durch die Festlegung der fünf nachfolgenden Meilensteine (MS) und der Einleitung von entsprechend Maßnahmen bei Abweichung eine erfolgreiche Durchführung gewährleistet. Die Einbindung von Dritten, z. B. Medien für die Lehre der RWTH Aachen zur Erstellung von Lehrvideos¹ oder ExAct der RWTH Aachen, stellt eine gewisse Unsicherheit dar, weil diese als Zentraleinrichtung für die gesamte RWTH Aachen als Dienstleister fungieren und Terminengpässe entstehen können. Der Antragsteller verfügt jedoch über umfangreiche Erfahrungen in der Projektarbeit und dem Projektmanagement, so dass das Risiko als beherrschbar eingeschätzt werden kann.

- MS1: Die Bedarfserhebung für die geplante Lehrinnovation mit Studierenden der Veranstaltung im Wintersemester 2019/20 und Unternehmen ist abgeschlossen (Februar 2020).
- MS2: Die Veranstaltungsunterlagen und die Mixed-Reality Lernumgebung sind für beide Lehreinheiten fertiggestellt und einsatzbereit (September 2020).

¹ Die anfallenden Produktionskosten werden von Medien für die Lehre der RWTH Aachen getragen und sind daher nicht Bestandteil der Antragskosten.

- MS3: Die Lehrinnovation wurden erfolgreich im Testbetrieb erprobt und die notwendige Anpassungen an den Veranstaltungsunterlagen und der Mixed-Reality Lernumgebung wurden durchgeführt (Oktober 2020).
- MS4: Die Lehrinnovation wurden im Realbetrieb mit Studierenden in zwei Lehreinheiten der Veranstaltung im Wintersemester 2020/21 durchgeführt (November 2020).
- MS5: Die Evaluation der geplanten Lehrinnovation mit Studierenden der Veranstaltung im Wintersemester 2020/21 ist ausgewertet und die Lehrinnovation dokumentiert (Dezember 2020).

Bei der Anwendung von „Flipped Classroom“-Konzepten wird das potenzielle Risiko der Reduzierung des inhaltlichen Niveaus gesehen. Diesem Risiko kann in dem Fall jedoch sehr gut entgegengewirkt werden. Einerseits wird arbeitswissenschaftliches Grundlagen- und Theoriewissen bereits in der für die Studierenden verpflichtenden Bachelorveranstaltung „Einführung in die Arbeitswissenschaft“ gelehrt, andererseits bauen die E-Learning-Materialien auf dem bewährten Lehrbuch „Arbeitswissenschaft“ auf.

Ein weiteres Risiko besteht in der Realisierung der Mixed-Reality Lernumgebung, welche die notwendige Flexibilität und Komplexität für den Einsatz im Rahmen der Masterveranstaltung abbilden können muss. Insbesondere die Implementierung der virtuellen Elemente und einer entsprechenden Schnittstelle zur Anpassung der Elemente für die Studierenden ist als Hauptrisiko für die geplante Lehrinnovation zu betrachten. Es bestehen am Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft (IAW) jedoch umfangreiche Vorarbeiten mit virtuellen Umgebungen oder der augmentierten Anzeige von Informationen einschließlich der dafür notwendigen Infrastruktur, die als Ausgangsbasis für die geplante Lehrinnovation genutzt werden können.

6. Wie soll die geplante Lehrinnovation verstetigt werden?

Die erarbeitete Lehrinnovation samt virtuellen Modellen und Lehrvideos soll als Open Educational Ressource allen Lehrenden und Studierenden auch über die RWTH Aachen hinaus zugänglich gemacht werden, bspw. über das landesweite Onlineportal für Studium und Lehre in NRW (heureka.nrw) sowie mittels der am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen betriebenen Website und herausgegebenen Zeitschrift Spectrum. Zudem ist der aktive Austausch mit der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft geplant, um die Lehrinnovation anderen (arbeitswissenschaftlichen) Instituten und Lehrstühlen vorzustellen und zu diskutieren. Ziel dabei ist, die Umsetzung des Lehrens der Gestaltungskompetenz durch die geplante Lehrinnovation in der Arbeitswissenschaft auch außerhalb von Aachen anzuregen.

Die Veranstaltung „Methoden der empirischen Arbeitswissenschaft“ wird am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen gehalten. Die Institutsdirektorin, Prof. Dr.-Ing. Verena Nitsch, hat ihre Unterstützung für die Erprobung und die Absicht zur Verstetigung der Lehrinnovation kundgetan.

Entsprechend ist im nächsten Schritt nach Abschluss der Förderphase geplant, die Lehrinnovation sukzessive auf alle Lehreinheiten der Masterveranstaltung „Methoden der

empirischen Arbeitswissenschaft“ auszudehnen. Hierbei wird angestrebt, die Arbeit in einem beispielhaften Produktionssystem ganzheitlich zu gestalten, d. h. von der Aufbauorganisation (z. B. Einzel-/Gruppenarbeit, Springersystematik), über die Ablauforganisation (z. B. Fertigungslinie mit Takt, Werkstattproduktion, One-Piece-Flow) und Arbeitsplatzgestaltung (z. B. Vorgabezeitermittlung, Gefährdungs- und Belastungsanalysen, ergonomische Gestaltung) bis hin zu Anlern-, Motivations- und Entgeltaspekten. Bei der Gestaltung der Produktionsarbeit sollen empirische Erhebungsverfahren, statistische Auswertungen sowie ethische, rechtliche und soziale Aspekte begleitend behandelt und angewendet werden. Weiter sollen bei erfolgreicher Evaluation nach Abschluss des Fellowships Teilelemente der Lehrinnovation in den Lehreinheiten „Arbeitsschutz und sicherheitstechnische Arbeitsgestaltung“ sowie „Produktionsergonomie“ in der Bachelorveranstaltung „Einführung in die Arbeitswissenschaft“ implementiert werden. Die dafür notwendigen Aufwände lassen sich aus dem Lehrbudget des Instituts finanzieren, wenn die Infrastruktur und das Konzept erfolgreich während des Fellowships entwickelt, umgesetzt, erprobt und evaluiert wurden.

7. Auf welche Lehr-Lern-Situationen – auch in anderen Disziplinen – kann die geplante Lehrinnovation übertragen werden?

Die geplante Lehrinnovation bietet ausgesprochen vielfältige Möglichkeiten der Weiterführung und des Transfers auf andere Lehr-Lern-Situationen. So sollen Teilelemente der Lehrinnovation in die Bachelorveranstaltung „Einführung in die Arbeitswissenschaft“ übertragen werden, dann jedoch weniger mit dem Ziel, die Gestaltungskompetenz zu fördern, sondern das meist abstrakte Grundlagen- und Theoriewissen, z. B. zur komplexen Biomechanik zu visualisieren oder zur Veränderung von Körperhaltungen durch Arbeitsplatzgestaltung selbst zu erfahren. Die immersive Darstellung von (Arbeits-)Umgebungen ist in nahezu allen Fächern relevant, muss jedoch fachspezifisch auf die Bedarfe der jeweiligen Disziplinen und die Rahmenbedingungen der Veranstaltung (z. B. Teilnehmerzahl, Räumlichkeiten und Infrastruktur) angepasst werden.

Die Lehrinnovation lässt sich auch im dualen System von (technischen) Berufsschulen anwenden, einerseits, weil in den Berufsschulen häufig nur wenig Maschinen vorhanden sind und andererseits, weil den Auszubildenden in den Betrieben an den hochpreisigen Maschinen häufig nicht die Möglichkeit zum Lernen aus Fehlern ermöglicht werden kann.

8. Was versprechen Sie sich vom Austausch mit anderen Fellows des Programms für sich persönlich und für Ihr Projekt?

Das Lehren und Forschen am Institut für Arbeitswissenschaft ist geprägt vom interdisziplinären Arbeiten, wodurch Themen stets aus mehreren Perspektiven betrachtet werden. Von dem Fellowship verspreche ich mir ähnlich intensiven und anregenden Austausch mit den anderen Fellows aus verschiedenen Disziplinen. Dadurch erwarte ich mir neue Anregungen für die eigene Lehre und erhoffe mir natürlich auch, andere Fellow durch meine Lehrinnovation und Erfahrungen anregen zu können.

Zudem sehe ich in dem Fellowship-Rahmenprogramm die einzigartige Chance, ein persönliches Feedback zur eigenen Lehre zu erhalten und damit eine nachhaltige

Selbstreflexion anzustoßen, meine persönlichen Lehrkompetenzen weiterzubilden und Ideen aus anderen Bereichen zu erhalten.

9. Wie sind Sie insbesondere mit der von Ihnen geplanten Lehrinnovation innerhalb Ihrer Hochschule organisatorisch eingebunden und vernetzt?

Zur Erstellung von E-Learning-Materialien, insbesondere von Lehrvideos ist die enge Zusammenarbeit mit Medien für die Lehre (MfL) der RWTH Aachen möglich. MfL ist als zentrale Hochschuleinrichtung die fakultätsübergreifende Serviceeinheit für Blended Learning der RWTH Aachen. Für die Zwischenevaluation der Lehrveranstaltung mit geplanter Lehrinnovation ist eine enge Zusammenarbeit mit ExAcT der RWTH Aachen notwendig. Mit beiden Zentraleinrichtungen der RWTH Aachen besteht seit mehreren Jahren guter Kontakt in der Zusammenarbeit.

Am Institut für Arbeitswissenschaft steht eine infrastrukturelle Grundausstattung für das Projekt zur Verfügung (z. B. AR-/VR-Einzeldemonstratoren und Montagearbeitsplatz) und mit der Abteilung „Bildung für technische Berufe“, die von Prof. Dr. phil. Martin Frenz verantwortet wird, steht eine ausgewiesene Expertise im Bereich berufliche Bildung und der Vermittlung technischer Lehrinhalte zur Verfügung, die im regen Austausch mit ihm und seinen Beschäftigten genutzt werden soll, um die Lehrinnovation aus didaktischer Perspektive zu reflektieren.

Literatur

- Bauer, J., & Mulder, R. H. (2007). Modelling learning from errors in daily work. *Learning in Health and Social Care*, 6(3), 121-133.
- Bauernhansl, T., Ten Hompel, M., & Vogel-Heuser, B. (Eds.). (2014). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung-Technologien-Migration*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Brandl, C. (2017). *Ergonomische Analyse von Körperhaltungen in Produktionssystemen für eine computergestützte Arbeitsgestaltung und -organisation*. Düren: Shaker Verlag.
- Brandl, C., Bonin, D., Mertens, A., Wischniewski, S., & Schlick, C. M. (2016). Digitalisierungsansätze ergonomischer Analysen und Interventionen am Beispiel der markerlosen Erfassung von Körperhaltungen bei Arbeitstätigkeiten in der Produktion. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 70(2), 89-98.
- Deppe, M. (2017). *Fehler als Stationen im Lernprozess: Eine kognitionswissenschaftliche Untersuchung am Beispiel Rechnungswesen*. Dissertation, Bielefeld: wbv.
- Trench, M., & Minervino, R. A. (2017). Cracking the problem of inert knowledge: Portable strategies to access distant analogs from memory. In B.H. Ross (Ed.) *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 66, pp. 1-41). Academic Press.
- Tzimas, E., Vosniakos, G. C., & Matsas, E. (2019). Machine tool setup instructions in the smart factory using augmented reality: a system construction perspective. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(1), 121-136.
- Vajna, S., Weber, C., Bley, H., & Zeman, K. (2009). *CAX für Ingenieure: eine praxisbezogene Einführung*. Springer-Verlag.