
Jahrbuch Medienpädagogik 17:
Lernen mit und über Medien in einer digitalen Welt
Herausgegeben von Klaus Rummler, Ilka Koppel, Sandra Aßmann,
Patrick Bettinger und Karsten D. Wolf

Pädagogisch-Didaktische Herausforderungen bei der Entwicklung von digitalen Lernumgebungen in der laborbasierten Lehre

Am Beispiel des Projekts «DigiLab4You»

David Schepkowski, Martin Burghardt und Peter Ferdinand

Zusammenfassung

Die fortschreitende Digitalisierung in der Hochschullehre bietet Lehrenden und Bildungsforschenden bei der Gestaltung von didaktischen Konzepten und Lernumgebungen gleichermaßen neue Möglichkeiten wie auch Herausforderungen. In den Ingenieurwissenschaften stehen dabei Labore als Orte des Experimentierens, Kollaborierens und Erprobens praktischer Fähigkeiten, im Rahmen hybrider Lernräume, im Fokus des Projekts «Open Digital Lab 4 You». Dieses BMBF-geförderte Verbundprojekt folgt einem Design-Based Research-Ansatz und verknüpft im Kontext der Entwicklung einer hybriden Lehr-Lern-Umgebung Forschungsfragen aus dem Bereich der Pädagogik und Didaktik mit technischen Forschungsfragen. Daraus ergeben sich eine Reihe spezifischer Herausforderungen: der Mangel an sozialer Präsenz, die Einstellung und Akzeptanz zu den Technologien und die Vor- und Nachteile von Mixed-Reality. Dabei spielen die Nutzervoraussetzungen und die darauf basierenden Entscheidungen, wie sie durch das Berliner Modell formuliert werden, bei der Entwicklung einer Lernumgebung eine grosse Rolle. Der vorliegende Artikel soll dazu einen Überblick über das Pro-



jekt, einen Auszug aus den theoretischen Grundlagen geben und ein Bewusstsein für die genannten Herausforderungen schaffen, damit diese bei der Planung von ähnlichen Vorhaben berücksichtigt werden können.

Pedagogical and didactical challenges in the development of digital learning environments for lab-based teaching

Abstract

The progressing digitalization of university teaching provides teachers and educational researchers with new opportunities and challenges in the design of didactic concepts and learning environments. The project «Open Digital Lab 4 You» focuses on laboratories as places for experimenting, collaborating and testing practical skills within the framework of hybrid learning spaces in engineering sciences. This BMBF-funded collaborative project follows a design-based research approach and combines research questions from the fields of pedagogy and didactics with technical research questions in the context of the development of a hybrid teaching-learning environment. This results in a number of specific challenges: the lack of social presence, the attitude towards and acceptance of technologies and the advantages and disadvantages of mixed reality. The user prerequisites and the decisions based on them, as formulated by the Berlin Model, play an important role in the development of a learning environment. The presented article is intended to give an overview of the project and an excerpt from the theoretical foundations and raise awareness of the aforementioned challenges, so others can keep them in mind when planning a similar project.

1. Vorstellung des Projekts

Die Digitalisierung der Hochschullehre ist ein Prozess, bei dem moderne Technologie einen höheren Stellenwert erhält als bisher. Es eröffnen sich daher neue Möglichkeiten bei der Untersuchung von Forschungsfragen zum Einsatz von Medien, um Lehr- und Lernprozesse zu unterstützen. Das BMBF-geförderte Projekt «Open Digital Lab 4 You» (Förderkennzeichen:

16DHB2115) oder kurz «DigiLab4U», wurde Ende 2018 zur Beantwortung einiger dieser Fragen von einem internationalen Konsortium ins Leben gerufen. Dieses besteht aus der HFT Stuttgart, dem BIBA Bremen, der Universität Parma, der RWTH Aachen und dem IWM der Universität Koblenz-Landau. In einem interdisziplinären Team von Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen, die die Bereiche Ingenieurwesen, Pädagogik, Psychologie, Informatik und Wirtschaft abdecken, werden innovative Szenarien für Ingenieurwissenschaftsstudenten entwickelt, um gelingendes Lernen über Institutionen- und Kontextgrenzen hinweg zu ermöglichen. Relevante Forschungsfelder sind zum einen das laborbasierte Lernen, aber auch das kollaborative Lernen, das selbstregulierte Lernen, Learning Analytics und Mixed-Reality als Methoden und Tools zur Unterstützung der Lehr- und Lernprozesse. Dabei folgt das Projekt dem Design-Based Research-Ansatz oder auch Educational Design Research genannt. Hierzu werden in einem iterativen Prozess Lösungen für szenarienspezifische Bildungsprobleme entwickelt und gleichzeitig eine Umgebung zur Beantwortung von Forschungsfragen bereitgestellt. Der Unterschied dieser Herangehensweise zu vergleichbaren Formen liegt darin, nicht nur theoretisch fundiert zu arbeiten, sondern auch neues Wissen zu generieren (McKenney und Reeves 2014). Im Gegensatz zum Research-Based Educational-Ansatz, bei dem es ausschliesslich um die Entwicklung einer Interventionsmassnahme geht, werden im Design-Based Research-Ansatz auch übertragbare Erkenntnisse durch Gestaltungsempfehlungen für weitere Disziplinen gewonnen (McKenney und Reeves 2014). Diese Übertragbarkeit wird Bestandteil in einer weiteren Förderphase des Projekts sein. Wichtig ist dabei auch die Skalierbarkeit, um möglichst vielen Menschen den Zugang zu den Lerninhalten zu gewähren, da die physikalischen Labore vor Ort häufig an die Grenzen ihrer Kapazitäten kommen, und somit nicht jedem zugänglich sind. Daher kann auch der Zugriff über Fernsteuerung durch Remote-Labore oder eine komplette Virtualisierung für eine Umsetzung der Projekt szenarien in Frage kommen.

Die grundlegende Fragestellung des Projekts lautet: Wie müssen die hybriden Lernräume der Zukunft gestaltet werden, um gelingendes Lernen über Institutionen- und Kontextgrenzen hinweg zu fördern? Daneben gibt es noch weitere Teilfragestellungen, die in Teilkonzepten der beteiligten

Partnerinstitutionen aufgegriffen werden. Die Autoren beschäftigen sich dabei u.a. mit der Untersuchung des Computer-Supported Collaborative Learning, dem Einsatz von Open Badges für das selbstregulierte Lernen und der Entwicklung von Mixed-Reality-Anwendungen für die hybriden Lernräume, wobei in diesem Artikel auf allgemeinere Herausforderungen des Vorhabens eingegangen und ein Bezug zu Mixed-Reality hergestellt wird. Folgende Forschungsfragen werden bearbeitet und bieten zugleich Anknüpfungspunkte für erwünschte Promotionsvorhaben im Projektkontext:

- Welche Methoden des Lernens eignen sich besonders zur Unterstützung von sozialen Lernprozessen und Interaktion in solchen Lernumgebungen?
- Welches Potential zur Unterstützung von individuellem Lernen bietet der Einsatz von Open Badges in hybriden und augmentierten Lernräumen?
- Welches Potenzial zur Unterstützung von Interaktion und Lernen ermöglicht der Einsatz von Mixed-Reality-Anwendungen und speziellen kollaborativen Augmented-Reality-Anwendungen in hybriden Lern- und Arbeitsräumen?

Dabei wird in allen Fällen auch der sinnvolle Einsatz von Learning Analytics, also dem Messen, Sammeln, Analysieren und Berichten von Daten über Lernende und deren Kontexte untersucht, um die Lernprozesse und die Lernumgebung zu verstehen und zu optimieren (Long 2011). Diesen Fragestellungen soll auf den Grund gegangen und die Effizienz der digitalen Lernumgebungen im Vergleich zu traditionelleren Lernumgebungen im Kontext der Ingenieurwissenschaft in der Hochschullehre untersucht werden, wozu die Einsatzpotentiale der genannten Technologien einbezogen werden. Dabei ist zukünftig noch zu klären, in wie fern Lernerfolge, individuelle Lernprozessgestaltung oder Eigeneinschätzungen der Studierenden als Erfolgskriterien einfließen sollen.

Die hohe Komplexität des Projekts eröffnet einige Möglichkeiten, die verschiedenen Themengebiete abdecken: Zum einen stellt die hohe Interdisziplinarität einen Gewinn für Projekte dieser Art da, da es einer engen Zusammenarbeit von Experten aus den schon benannten Fachbereichen

bedarf, um eine Lernumgebung zu gestalten und lauffähig zu halten. Zum anderen kann man mit der fortschreitenden Digitalisierung und neuen Medien das Lernen über Distanzen hinweg verstärkt *fördern*. Dazu werden neben einem Learning Management System, das als zentrale Anlaufstelle für Teilnehmende am «DigiLab4U» dient, auch Mixed-Reality und Blended-Learning- Settings verwendet. Um eine langfristige Zusammenarbeit aller Beteiligten und zukünftigen Stakeholder und die Tragfähigkeit der Projektergebnisse zu gewährleisten, werden parallel zur didaktischen und technischen Konzeption und Implementierung auch Strategien aus organisatorischer Sicht entwickelt. Dazu wird u.a. ein Serious Game zur Förderung von Kooperation in Laborumgebungen gestaltet und die Nachhaltigkeit durch betriebswirtschaftliche Erfolgsfaktoren untersucht. Während im weiteren Verlauf des Artikels auf eine Auswahl der Herausforderungen, die sich bei diesen Vorhaben stellen, eingegangen wird, sollen zuerst die theoretischen Grundlagen erläutert werden, um den Herausforderungen angemessen begegnen zu können.

2. Theoretische Grundlagen

Grundlage der pädagogisch-didaktischen Konzeption im Projekt sind das Berliner Modell nach Heimann, Otto und Schulz (1977) und die gestaltungsorientierte Mediendidaktik nach Kerres (2018). Im Folgenden wird dabei genauer auf das Berliner Modell im Kontext des Projekts und die sich daraus ergebenden Herausforderungen für die Konzeptentwicklung eingegangen.

2.1 Das Berliner Modell

Das Berliner Modell der Unterrichtsplanung nach Heimann, Otto und Schulz (1977) bietet eine Grundlage zur didaktischen Planung von Lernen und Lehren. Es beinhaltet vier Entscheidungsfelder und zwei Bedingungsfelder, auf deren Basis Entscheidungen getroffen werden können, um Lernumgebungen zu gestalten. Die Bedingungsfelder lauten wie folgt:

Individuelle Voraussetzungen: Darunter sind alle Eigenschaften zu verstehen, die die Nutzergruppen beschreiben, sei es das Alter, Geschlecht,

Vorwissen zu den Themeninhalten oder Entfernung zum Lernort. Im Projekt wird sich dabei nicht nur auf die Lernenden beschränkt, sondern auf alle von der (Um-)Gestaltung der Szenarien und Lernumgebung betroffenen Personengruppen.

Institutionelle Rahmenbedingungen: Damit sind die Lernumgebungen und der Kontext, in denen sie eingebettet sind gemeint. Klassischerweise bezeichnet dies Faktoren wie Raumgrösse und -ausstattung, Vorgaben durch Curricula oder einzuhaltende Sicherheitsvorkehrungen. Dabei ist die Ausstattung und Verfügbarkeit von Lernmedien, wie z.B. die Zahl der computergestützten Medien, von besonderer Bedeutung für die Entwicklung einer digitalen Lernumgebung.

Um die Voraussetzungen der Nutzergruppen, insbesondere der Lernenden und Lehrenden, zu erschliessen, wird eine Bedarfsanalyse durchgeführt. Die institutionellen Rahmenbedingungen werden durch die Projektpartner und deren Institutionen vorgegeben bzw. mit Hilfe von Szenariobeschreibungen der Test-Beds in Erfahrung gebracht. Dazu wurde ein Fragebogen, basierend auf den Feldern des Berliner Modells entwickelt, der die aktuellen pädagogisch-didaktischen Gegebenheiten einer aktuellen Laborumgebung und deren (potentiellen) Nutzergruppen erfasst. Eine Auswertung dieser Fragebögen und Beschreibungen steht derzeit noch aus. Ziel soll es ein, die Ergebnisse dieser Bedarfsanalyse in Gestaltungshinweise für die Konzeption der Projektszenarien zu übersetzen und anschliessend formativ und abschliessen summativ zu evaluieren.

Es bleibt anzumerken, dass die untersuchten Bedingungen im Kontext des Projekts berücksichtigt, jedoch anfänglich nicht zur Unterstützung der individuellen Lernenden verwendet werden, wie es in der Unterrichtsplanung üblicherweise gefordert wird. Vielmehr sind bei der Gestaltung von (digitalen) Lernumgebungen die Nutzerbedarfe vorerst als Zusammenfassung eines idealtypischen Lernenden zu verstehen. Wobei idealtypisch keine Wertung im Sinne seiner Lernleistung darstellt, sondern die Repräsentation aller Lernenden unter gemeinsamen Charakteristika. Basierend auf deren Eigenschaften und der Bedarfe weiterer Nutzergruppen werden pädagogisch-didaktische Entscheidungen beim Design der Lernumgebung getroffen, die sich in den vier Entscheidungsfelder des Berliner Modells wiederfinden:

Ziele: Die Ziele und Absichten eines Szenarios sind in erster Linie durch die rahmengebenden Studiengänge, in die diese bisher eingebettet waren, vorgegeben. Aufgrund einer hohen wechselseitigen Abhängigkeit mit dem Entscheidungsfeld *Inhalte und Themen*, sind die Ziele eines Lernangebots zudem nach den Anforderungen einer ingenieurwissenschaftlichen Hochschulbildung ausgerichtet. Darunter fallen auch die Bildungsprobleme, die nur durch Lernangebote gelöst werden können.

Inhalte: Wie erwähnt, richtet sich auch dieses Entscheidungsfeld im Projekt stark inhaltlich nach den Ingenieurwissenschaften aus. Es ist auch kaum zu erwarten, dass speziell für diese Disziplin entwickelten Szenarien in nicht verwandten Fachgebieten zum Einsatz kommen werden. Unter den zu bearbeitenden Themenfeldern fallen u.a. Handhabung von technischer Laborausstattung in der Logistik, Datenanalyse und -auswertung von RFID-Chips und selbständiges und kollaboratives Erarbeiten von Laborberichten zu Themen und Methoden der Industrie 4.0. Ziel ist es dennoch, verallgemeinerbare Gestaltungsempfehlungen abzuleiten, welche weitestgehend von den Inhalten unabhängig sind. Diese verallgemeinerten Empfehlungen werden sich vornehmlich auf *übergreifende* Forschungsthemen im Kontext der Gestaltung hybrider Lernräume beziehen, wie z.B. Nutzung von Learning Analytics oder Designprinzipien für kollaboratives Lernen.

Methoden: Bei diesem, wie auch dem folgenden Entscheidungsfeld, ergeben sich deutlich mehr Gestaltungsmöglichkeiten im Projekt. Neben dem selbstregulierten und kollaborativen Lernen, die wiederum als Methode, aber auch als Kompetenz in den Ingenieurwissenschaften verstanden werden können (Feisel und Rosa 2005), sind Überlegungen zur Integration von expositorischen, explorativen und problem-basierten Methoden (Kerres 2018) zweckmässig. Gerade das problem-basierte Lernen steht beim Lernen mit Laboren im Fokus. Auch das Serious Gaming hat einen grossen Stellenwert, insbesondere dort, wo Kooperationen gefördert werden sollen.

Medien: In der Entscheidungslogik sind auf der untersten Ebene, also den Methoden und Medien, die grössten Freiheiten zu finden. Diese Entscheidungen sollen nun auf Basis der Nutzergruppen und Rahmenbedingungen erfolgen und müssen *die Intentionen, Inhalte und Themen*, welche

durch den Projektkontext zumindest vorerst vorgegeben sind, stark berücksichtigen. Im Zuge der Digitalisierung in der Hochschullehre wird diesem Entscheidungsfeld wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt und es nimmt entsprechend der Fragestellung im Projekt einen besonderen Platz ein. Auch wenn sich Medien und Technologien den übrigen Feldern stärker unterzuordnen haben, ist es gerade in einem Forschungsprojekt von Bedeutung diese Beziehungen in Frage zu stellen.

Über diese vier Entscheidungsfelder hinaus, erweitert Kerres das Berliner Modell nach Peterßen (2000) um den Aspekt der Lernorganisation (Kerres 2018). Dieser beinhaltet Entscheidungen bezüglich der Sozialform und der zeitlich-räumlichen Ausgestaltung. Fragen, denen man sich also bei der Entwicklung von Lernangeboten stellen muss, können sein: Findet Lernen in Gruppen oder individuell statt? Wird die Kommunikation synchron oder asynchron unterstützt? Die Antworten darauf sind nicht zwingend in den anderen vier Entscheidungsfeldern zu finden bzw. können unabhängig von diesen gefunden werden. Was jedoch hier unabdingbar ist, und auch vom ursprünglichen Modell postuliert wird, ist, dass es, trotz einer gewissen Hierarchie, Interdependenzen zwischen den Entscheidungsfeldern gibt. Diese Abhängigkeiten und der gegenseitige Einfluss der einzelnen Felder sind zudem eines von drei Prinzipien des Berliner Modells. Das zweite Prinzip ist das der Variabilität, bei dem vom spontanen, sich ständig veränderndem Verhalten der Lernenden ausgegangen wird und daher Variationen in den Ablauf eines Szenarios eingebaut werden sollten. Das dritte und letzte Prinzip ist das Prinzip der Kontrollierbarkeit, bei dem die Planung der Lehr-Lernprozesse dokumentiert werden sollte, um die didaktischen Entscheidungen evaluieren zu können (Heimann, Otto, und Schulz 1977). Im Projekt geschieht dies sowohl auf der Ebene der Evaluation jedes Teilkonzepts, wie oben benannt sowohl formativ und summativ, als auch mit Hilfe von Learning Analytics auf der Ebene der einzelnen Lernprozesse

Entsprechend den Zielen und Inhalten der Ingenieurwissenschaften, können auch passende Methoden identifiziert werden, die für unser Vorhaben von Relevanz sind. Dazu gehört in erster Linie das laborbasierte Lernen. Während Frontalunterricht, in Form von Vorlesungen oder Seminaren mit reiner Face-To-Face Anwesenheit in den allermeisten Studiengängen vorzufinden ist, bietet das Lernen im Labor in den Ingenieurwissenschaften

gänzlich neue Erfahrungen, da es häufig um die Erprobung praktischer Fertigkeiten oder die Sichtbarmachung der erlernten Theorie geht (Feisel und Rosa 2005). Aus diesem Anspruch ergeben sich schon erste Hinweise auf die Herausforderungen, die man bei der Auswahl von Medien beachten muss.

Grundsätzlich bietet sich das Berliner Modell für die Umsetzung des Projekts an, da es sich um ein weitgehend normfreies, entscheidungslogisches Raster zur didaktischen Planung von Lernen und Lehren handelt. Durch das Fehlen expliziter pädagogisch-didaktischer Normen wird eine flexible Integration verschiedener methodischer Ansätze und relevanter bildungswissenschaftlicher Befunde ermöglicht. Bei diesen Überlegungen sollte auch kurz das Hamburger Modell von Wolfgang Schulz (Adl-Amini und Künzli 1981) erwähnt sein, welches aus dem Berliner Modell entwickelt wurde. Dieses eignet sich jedoch nur beding für das geplante Vorhaben, da dort Schüler und Eltern stärker in den Fokus rücken und weniger die Vermittlung von Wissen und Kenntnissen. Während zwar auf eine Einbeziehung der Lernenden als ganzheitliche Nutzergruppen im Projekt Wert gelegt werden soll, können durch die Gegebenheiten der Hochschulpädagogik keine oder kaum individuelle Entscheidungen für einzelne Lernende getroffen werden. Mangels Klassenverband, dem stärkeren Fokus auf eigenverantwortliches Lernen und erhöhten Freiheitsgraden bei der Wahl von Themen und Inhalten seitens der Studierenden, eignet sich ein Planungsmodell, wie es das Berliner Modell darstellt, um skalierbare Bildungsangebote zu kreieren. Die pädagogisch-didaktischen Überlegungen seitens Kerres – mit Bezug auf das Berliner Modell – stimmen zudem mit dem Vorhaben, das sich mit kritischen Untersuchungsfragen zur Wirksamkeit von digitalen Medien beim laborbasierten Lernen beschäftigt, deutlich überein.

2.2 Laborbasiertes Lernen

Laborbasiertes Lernen als Methode in den Ingenieurwissenschaften hat eine lange Tradition. Schon 1802 wurde die erste Ingenieursschule in den USA für das Militär (Ambrose 1999) in Betrieb genommen. Die Tradition von Laboren in der Wissenschaft im Allgemeinen wurde sogar mit

Pythagoras begründet, welcher angeblich das erste Labor der Geschichte als Ort für Experimente zu Geräuschen, Tönen und Vibrationen verwendet haben soll («World's Oldest Laboratory?» 1990). Der Begriff Labor stammt vom lateinischen Wort «laborare» und bedeutet so viel wie «arbeiten», «leiden», «sich abmühen». Ein Labor kann als Arbeitsplatz verstanden werden, muss jedoch nicht zwingend den Ansprüchen eines physisch vorhandenen Raums entsprechen, wie es bei virtuellen Laboren der Fall ist.

Labore können zu unterschiedlichen Zwecken verwendet werden. Feisel und Rosa (2005) unterscheiden hierzu zwischen drei grundlegenden Labortypen: Dem Entwicklungslabor (development), dem Forschungslabor (research) und dem Lehr-Lern-Labor (educational). Im Entwicklungslabor werden Produkte entworfen, entwickelt und getestet. Dazu werden Experimente durchgeführt, um genügend Daten zu generieren, die diesen Prozess unterstützen. Es werden spezifische Fragen oder Anforderungen gestellt, die einer Antwort bedürfen und immer wieder geprüft werden. Dagegen werden im Forschungslabor weitgehende Fragen untersucht, die einen Beitrag zum vorhandenen Wissensschatz einer Disziplin liefern. Es besteht kein Anspruch ein wie auch immer geartetes Produkt zu entwickeln, sondern verallgemeinerbare Erkenntnisse zu gewinnen. Studierende oder Lernende im Allgemeinen verwenden Labore jedoch für einen weiteren Zweck: Um etwas zu erlernen, was praktizierende Ingenieure bereits wissen und in einem Entwicklungs- oder Forschungslabor anwenden (Feisel und Rosa 2005). Somit steht das Lehr-Lern-Labor im pädagogisch-didaktisch geprägten Projekt in jedem der zu entwickelnden Szenarien im Vordergrund.

Folgt man nun der Logik des Berliners Modells, ergibt eine Einteilung von Laboren nicht nur nach Zielsetzung, sondern auch nach den weiteren Entscheidungsfeldern Sinn. Da bei der Digitalisierung die Medien im Fokus stehen, soll aus Platzgründen an dieser Stelle nur eine mögliche Einteilung von Labortypen nach Medien eingegangen werden.

Zum einen gibt es reale Labore, die traditionell ohne gesonderte Technologie auskommen. Gerade um die eigentlichen Prozesse und Handlungsabläufe nachvollziehen zu können, wie sie später in der Arbeitswelt und in Forschungslaboren stattfinden, ist der grosse Vorteil eines physischen Labors das Lernen im geschützten Rahmen. Jedoch ist dafür auch

eine entsprechende, oftmals kostspielige, Ausstattungen notwendig. Zudem sind Raum und Zeit begrenzende Faktoren, die selbst bei optimaler didaktischer Aufbereitung und organisatorischer Verfügbarkeit, einen Flaschenhals zur optimalen Auslastung und Nutzbarkeit darstellen. Dazu stehen im Gegensatz die virtuellen Labore, wobei die Virtualität als Gradient zu verstehen ist (Milgram und Kishino 1994), worauf im Weiteren noch eingegangen wird. Je nachdem, ob von rein virtuellen Laboren, Simulationen im Browser oder AR-Anwendungen die Rede ist, können die diversen Nachteile einer realen Lernumgebung kompensiert werden, jedoch nicht immer ganz ohne weitere Probleme zu schaffen.

Zum anderen gibt es Simulationslabore, deren Vorteile in simulierten Vorübungen liegen, um den eigentlichen Lernprozess vor Ort zu beschleunigen oder Erwartungen der Lernenden zu lenken (Hodge, Hinton, und Lightner 2001). Diese Vorbereitung kann auch die Sicherheit erhöhen, da man sich mit der Ausstattung vertraut machen kann, ohne die Gerätschaften bedienen zu müssen (Feisel und Rosa 2005). Eine vollständige Simulation im virtuellen Raum kann auch, trotz anfänglicher Investitionen in die Schaffung einer solchen Simulation, hohe Kosten für aufwendige Experimente und Gerätschaften einsparen (Svajger und Valencic 2003). Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch Randomisieren von Parametern einer Laborübung, z.B. vorhandene Ausstattung, Eingangsvariablen eines Experiments oder zufällige Störfaktoren, die Nähe zur echten Welt zumindest angenähert werden kann (Feisel und Rosa 2005). Dennoch bilden Simulationen noch weniger als die Laborumgebung selbst die Wirklichkeit vollständig ab und die benötigten Kosten und Expertise zur Erstellung von Simulationen dürfen nicht unterschätzt werden.

Die eingangs besprochenen Remote-Labore sind Labore, in denen per Fernzugriff eine reale Lernumgebung gesteuert werden kann. Sie bieten in erster Linie Vorteile bei der Auslastung und der Verfügbarkeit für Studierende, die nicht vor Ort sein können und denen dennoch die Vorteile eines forschenden Lernens ermöglicht werden sollen (Zubia und Alves 2012). Die Distanz und etwaige Probleme, die damit einhergehen, können zudem mittels AR- und VR-Technologien angegangen werden, von denen die Lehre profitieren kann, um die erfahrungsbasierten Aspekte zu verbessern (Grodotski, Ortelt, und Tekkaya 2018). Ausserdem kann die Bedienung

von Industriemaschinen ohne grössere Sicherheitsvorkehrungen eingeübt werden, die nur noch auf Seiten der physischen Laborumgebung beachtet werden müssen. Dabei bleibt jedoch die Frage offen, ob dadurch wirklich die Kompetenz, eine echte Maschine zu bedienen, erlangt werden kann. Nachteile sind zudem, dass nicht jeder gleichzeitig Zugriff auf die Maschinen haben kann, Störungen vorkommen können und ein Techniker bereitstehen muss (Grodzki, Ortelt, und Tekkaya 2018).

Zu guter Letzt können dank des Einsatzes von VR- und AR-Brillen auch Mixed-Reality Labore realisiert werden. Neben dem theoretischen Wissen und der Fähigkeit Laborversuche durchzuführen, ist auch die Handhabung von Laborgeräten, wie z.B. ein Gefühl für die Haptik, Motorik und der Umgang mit Störungen im realen Betrieb eine wichtige Kompetenz (Grodzki, Ortelt, und Tekkaya 2018). Entsprechende Übungen zum Umgang damit und dem Einstudieren von Bewegungsabläufen könnten wichtige Vorteile einer VR-Umgebung sein, in der Fehler gemacht werden können, ohne dass sich diese auf die reale Welt auswirken. Dies kann bei Remote-Laboren nicht gewährleistet werden, da nach wie vor eine Fernsteuerung realer Geräte stattfindet und ein Techniker zur Instandhaltung benötigt wird. Verbindet man Virtual-Reality nun mit Augmented-Reality, also der Möglichkeit virtuelle Inhalte in die reale Welt einzubinden, dann können neue Konzepte entstehen, die vor allem für Expert-Trainee-Szenarien einen Vorteil bringen (Yanovich und Ronen 2015). So können zum Beispiel die Arbeitsschritte eines Lerners mit Hilfe von virtuellen Annotationen an Laborübungen vor Ort angeleitet werden, während gleichzeitig ein Lehrender ortunabhängig mit einer VR-Brille die Rolle des Tutors einnimmt und Hilfestellungen geben kann. Dies kann so weit ausgebaut werden, dass der Lerner über sein AR-Display die virtualisierten Bewegungsabläufe nachverfolgen und nachahmen kann. Dies ermöglicht eine realitätsnahe Vermittlung von Prozesswissen des Experten und kann sogar über zuvor getätigte Aufnahmen geschehen, wenn keine akute Hilfe benötigt wird (Limbu et al. 2018).

Eine weitere mögliche Einteilung nach Labortypen findet man bei May et al.. Diese bezieht sich schon auf eine eingeschränkte Auswahl von Hypermedia-Laboren (H-Lab). Darunter sind Kategorisierungen in Animation-Labs (A-Lab) einschliesslich Multimedia (M-Lab)- und Gameplay-Labs, Simulation-Labs (S-Lab) und Virtual-Labs (V-Lab) zu verstehen (Abbildung

1). Daraus können wiederum Kombinationen gebildet werden, die Labore eindeutig nach ihrem medialen Aufbau beschreiben.

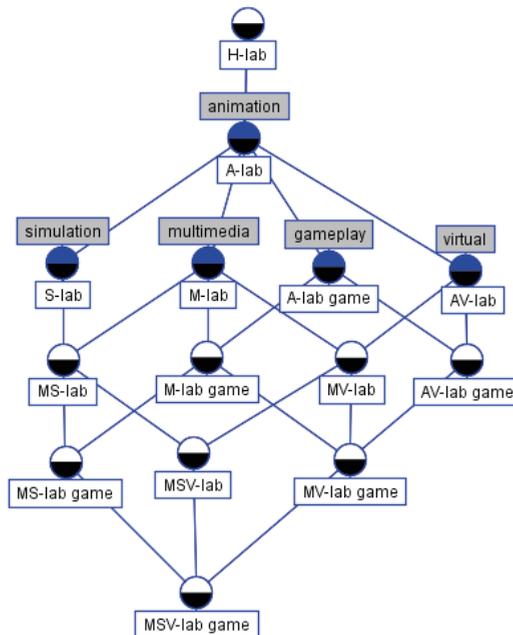


Abb. 1.: Die Einteilung von Labortypen nach Mediengehalt, wie sie bei May et al. (2013) zu finden ist.

Solch eine Klassifizierung ist durchaus sinnvoll und kommuniziert Lernern und Lehrenden, was sie im Labor an technischer Ausstattung und medialem Erlebnis zu erwarten haben. An dieser Stelle sollte noch erwähnt sein, dass sich Labore in den Ingenieurwissenschaften grundsätzlich von Laboren in der Medizin, Chemie oder Psychologie unterscheiden können. Gerade in der Logistik liegt der Fokus auf Produkten und der Effizienzsteigerung von Prozessen. Dazu werden zwar auch Datenanalysen und Berichte entworfen, allerdings nicht im Sinne einer Laborstudie mit Kontrollgruppen-Designs und Signifikanzparametern.

Ziel im Projekt ist es daher auch, geeignete Klassifikationen für Labortypen zu finden, die dem geeigneten Didaktiker einen Überblick zu den Einsatzmöglichkeiten in seinem Kontext geben. Dazu gehören die verwendeten Medien und Technologien, der Zeitaufwand zur Vor- und Nachbereitung, die empfohlene Gruppenzusammensetzung und Nutzervoraussetzungen

wie Gruppengröße und Vorerfahrungen – eben möglichst viele der vom Berliner Modell abgedeckten Bereiche. All diesen Lern- und Laborumgebungen gemein sind, vorausgesetzt sie werden medial unterstützt, die Herausforderungen, denen man bei der Umsetzung begegnen kann. Beispielfhaft wird im Folgenden auf drei solcher Herausforderungen eingegangen.

3. Herausforderungen

Bei der Entwicklung einer Lernumgebung und den vorbereitenden Konzepten in einem Projekt sieht man sich einigen Herausforderungen gegenüber. Neben der organisatorischen Durchführung eines solch komplexen und interdisziplinären Vorhabens und den technischen Schwierigkeiten bei der Implementation, gibt es auch pädagogisch-didaktische Besonderheiten, die es zu berücksichtigen gilt. Dazu sollen an dieser Stelle drei dieser Herausforderungen vorgestellt werden. Diese Darstellung ist nicht erschöpfend, kann aber als Anregung für Projekte in einem ähnlichen Kontext verstanden werden.

3.1 Soziale Präsenz

Unter sozialer Präsenz oder auch der sozialen Präsenztheorie versteht man die Eigenschaft von Medien, soziale Signale zu übertragen, um die Wahrnehmung von Personen zu stärken, dass man sich bei der Kommunikation in Gesellschaft eines oder mehrerer Menschen befindet (Short, Williams, E. und Christie 1976; Tu 2000). Dies ist vor allem für kollaborative Lernszenarien von Bedeutung, betrifft aber ebenso das tutorielle oder von Experten und Expertinnen gestützte Lernen.

Das Gefühl der Zugehörigkeit ist eines von drei grundlegenden psychologischen Bedürfnissen (Deci und Ryan 2008). Um den Lernprozess zu fördern, vor allem wenn er in Gruppen stattfindet, kann und sollte dieses Gefühl aufrechterhalten werden, was über eine Steigerung der sozialen Präsenz geschehen kann. Medien besitzen jedoch unterschiedliche Qualitäten darin, dieses Gefühl der Verbundenheit, während man sich mit anderen Menschen in einer digitalen Umgebung aufhält und mit ihnen kommuniziert, zu erzeugen (siehe dazu auch die Diskussion zur «Media Richness

Theory» bei Dennis & Valacich (1999)). Während bei Kommunikation Face-To-Face Faktoren wie Mimik, Gestik, Körperhaltung, Blickverhalten, Kleidung und verbale Hinweise gegeben sind, können eine oder mehrere dieser Kommunikationskanäle bei einer Online-Kommunikation wegfallen. Dabei spielt auch die Lernorganisation eine grosse Rolle, also z.B. ob die Kommunikation synchron oder asynchron stattfindet.

Tu & McIssac (2002) konnten einige Indikatoren mit einem positiven Einfluss auf die soziale Präsenz identifizieren, mit denen Medien entsprechend gestaltet werden können (s. Tabelle 1)

Sozialer Kontext	Online Kommunikation	Interaktivität
Grad der Bekanntschaft	Fähigkeiten im Umgang mit der Tastatur	Antwortzeiten
Durchsetzungsvermögen / Zustimmungsfreudigkeit	Benutzung von Emoticons und Parasprache	Kommunikationsstile
Informell / formal	Charakteristiken von Echtzeit-Diskussionen	Nachrichtenlänge
Vertrauensbeziehung	Charakteristiken von Foren-Diskussionen	Formal / informell
Soziale Beziehung (Liebe und Information)	Sprachfähigkeiten (schreiben und lesen)	Aufgabentypen (planen, Kreativität, soziale Tätigkeiten)
Psychologische Einstellung gegenüber Technologien		Gruppengrösse
Zugriff und Ort		Kommunikationsstrategien
Nutzermerkmale		

Tab. 1.: Variablen zur Schaffung von sozialer Präsenz nach Tu & McIssac (2002), aus dem Englischen übersetzt.

Hier können entsprechende Indikatoren herausgestellt und fokussiert werden, auf die man aus pädagogisch-didaktischer Sicht eventuell einen Einfluss nehmen kann oder die zumindest in jedem Fall erhoben werden sollten. Dabei kann Learning Analytics helfen eine Datenbasis für die Evaluation zu schaffen, in dem Antwortzeiten, Nachrichtenlängen und sogar

Inhalte der Kommunikation gesammelt werden. Auch wenn der soziale Kontext in der Hochschullehre sich dem Einfluss der Lehrperson zumindest im Grossteil entzieht – die bestehenden Beziehungen können wohl kaum verändert werden – so sind sie umso stärker beim Beobachten der Lernprozesse zu berücksichtigen. Der nächste Abschnitt beschäftigt sich mit einem dieser Faktoren, der Einstellung gegenüber den eingesetzten Technologien. Weitere interessante Befunde der Studie zur computergestützten Kommunikation sind (Tu und McIsaac 2002):

- Es dauert länger vertrauensvolle Beziehungen aufzubauen.
- Durch die Vertrautheit, Privatheit und den Komfort sind Studierende mit einem Zugriff von zu Hause aus bereitwilliger an der Kommunikation teilzunehmen.
- Die Fähigkeit mit der Tastatur umzugehen, hat einen grossen Einfluss auf synchrone Kommunikation und weniger auf die asynchrone Kommunikation.
- Emoticons und Parasprache helfen bei der Vermittlung von Emotionen.
- Die soziale Präsenz wurde durch längere Antwortzeiten verringert.
- Die Gruppengrösse hat einen starken Einfluss auf die Übersichtlichkeit bei Echtzeit-Diskussionen.

Auch wenn nicht alle diese Punkte überraschend erscheinen, sind es oft die eigentlich offensichtlichen Probleme, die nicht behandelt werden, wenn man Medien nicht ihrem Zweck nach einsetzt. Da durch Remote-Labore nicht nur ein Mangel sozialer Präsenz entstehen kann, sondern auch entsprechende Technologien eingesetzt werden, stellt sich auch die Frage nach der Akzeptanz der Nutzer für eben jene Gerätschaften, die zum Einsatz kommen.

3.2 Technologieakzeptanz

Um einen effektiven Umgang mit den neuesten Medien und Technologien zu ermöglichen, spielt das Vorhandensein von Technologieakzeptanz bei den Nutzergruppen und dessen Förderung, eine wichtige Rolle. Auch wenn in den meisten ingenieurwissenschaftlichen Kursen die Studierenden zur Benutzung von Medien und Geräten verpflichtet werden, z.B. wenn eine

bestimmte Übung in einem Learning Management System absolviert werden soll, sollte es nicht das Ziel sein, das Lernverhalten auf diese Weise zu konditionieren. Vielmehr kann es nur förderlich sein, wenn die Lernenden das Potenzial des Mediums erkennen und ausschöpfen, um den Lernerfolg zu steigern. Was bedeutet Akzeptanz nun in diesem Kontext?

Die Akzeptanzforschung unterscheidet zwischen mehreren Forschungsrichtungen und Ansätzen. Neben der eigentlichen Akzeptanzforschung, wie sie hier gemeint und für das Projekt von Bedeutung ist, sind noch die Diffusions- und Adoptionsforschung als Abspaltungen zu erwähnen. Erstere behandelt die Übernahme der Technologie durch ein Individuum in fünf Schritten (Rogers 2003), in dem es:

- von der Existenz und der Funktionalität erfährt
- sich eine Meinung darüber bildet
- sich zur Ablehnung oder Annahme entscheidet
- sie implementiert, wenn sie aktiv angewendet wird
- die Entscheidung bewertet und entweder bekräftigt oder revidiert

Die Adoptionsforschung beschäftigt sich wiederum mit der Geschwindigkeit der Ausbreitung einer Technologie in einem sozialen System (Rogers 2003).

Akzeptanz, wie sie für die Erforschung von Nutzergruppen relevant ist, kann im Kontext von Medien als ein Ausdruck oder eine Einstellung gegenüber besagter Technologie verstanden werden, die zu einer positiven Bereitschaft oder Verhalten und schlussendlich zu einer Verwendung führt (Hecker 1997).

Zudem kann der Betrachtungsgegenstand gewechselt werden, was sich in Form von drei Ansätzen widerspiegelt: Der organisationstheoretischen, der produktionstheoretischen und der marketingtheoretischen Betrachtung. Der letztgenannte Ansatz spielt auch im Projekt eine Rolle, da es um individuelle Lernende und deren Akzeptanz gegenüber den Lernmedien geht, und weniger um ein «Produkt» oder innerbetriebliche Prozesse (Ginner 2018). Weiterhin lässt sich der Begriff der Akzeptanz in Einstellungs- und Verhaltensakzeptanz gliedern. Die Einstellungsakzeptanz kann nicht beobachtet werden und zeichnet sich durch hohe Beständigkeit aus, wie z.B. der Spass im Umgang mit der Technik (affektiv) oder die Einschätzung

der Kosten-Nutzen-Relation (kognitiv). Dahingegen ist die Verhaltensakzeptanz direkt beobachtbar und äussert sich in der tatsächlichen Nutzung (Ginner 2018). Beides ist für die Gestaltung und Verwendung von Lehr- und Lernmedien relevant. So kann die Nutzung von digitalen Lernmaterialien z.B. mit Hilfe von Learning Analytics im Learning Management System über die Zugriffszahlen und -dauer eingeschätzt werden. Folgt man jedoch nicht dieser Begriffstrennung kann es dazu führen, dass Teilnehmer zu sog. *gezwungenen Benutzern und Benutzerinnen* werden, die zwar einen Nutzen im Verhalten, aber nicht in einer positiven Einstellung gegenüber dem Medium zeigen. Oder gar schlimmer zu sog. *überzeugten Nicht-Benutzern und Nicht-Benutzerinnen* werden, die sich weigern, mit dem Medium zu lernen oder zu arbeiten (Ginner 2018). Der letzte Fall kann natürlich auch schon im Vorhinein auftreten, wenn es Medien mit ähnlichen Funktionen gibt, die ein Lernender schon gewohnt ist zu verwenden und daher eine Aversion gegen «Konkurrenzprodukte» entwickelt hat. Gerade dann ist es von grosser Bedeutung die Lerner dazu zu bewegen, zumindest ihr Nutzungsverhalten nicht in den Weg erfolgreichen Lernens kommen zu lassen und, im Idealfall, auch ihre Einstellung durch Aufzeigen des Nutzens des angebotenen Konkurrenzprodukts positiv zu verändern.

Welchen konkreten Herausforderungen muss man sich nun stellen, wenn man die Technologieakzeptanz der Lerner erheben möchte? Dies geht aus der Kritik an dem Forschungszweig hervor, der mit den zahlreichen Modellen noch keinen Konsens erfahren hat. Zum einen werden häufig psychologische Faktoren, die nicht inhärent mit der Akzeptanz zusammenhängen, nicht erhoben bzw. vernachlässigt. Dies wird jedoch durch das breite Spektrum an Faktoren, wie Motivation, Emotionsregulation und Persönlichkeit, wie sie im Kontext des Projekts zu Berücksichtigung finden, relativiert. Letztendlich besteht die grösste Herausforderung darin, ein geeignetes Modell zu finden, das die Auswahl an Erhebungsinstrumenten abbildet und einen ausreichenden Erklärungsansatz für das Einstellungs- und Nutzungsverhalten der Lernenden liefert. Zu Bedenken bei der Auswahl eines Modells sind einige Faktoren, die nicht von allen Modellen aufgegriffen werden, wie z.B., dass es sich während der Evaluationsphasen einer Innovation um keine Freiwilligkeit der Nutzung handelt. Erst danach

ist, abhängig vom Kontext, wie z.B. in der Hochschullehre, eine gewisse Freiwilligkeit gegeben. Weitere Kriterien sind:

- Berücksichtigung von Moderationsvariablen wie Alter und Geschlecht
- Soziale Einflüsse wie bei der Nutzung in Gruppen
- Die Erfahrungen und Einstellungen zu bereits genutzten Technologien ähnlicher Art

Über die Jahre wurden einige Modelle zu dieser Thematik herausgearbeitet – am bekanntesten dürfte wohl das Technologie Acceptance Model (TAM) von Davis (1985) sein. Dieses liegt mittlerweile in seiner dritten Iteration vor und wurde um viele Faktoren erweitert. Um die genannten Kriterien für das Projekt zu erfüllen, könnte aber auch das «Unified Theory of Acceptance and Use of Technology»-Modell (UTAUT) von Venkatesh, Morris und Davis et al. (2003) in Frage kommen, welches aus einer Zusammenfassung acht verschiedener Akzeptanzmodelle entwickelt wurde (Abbildung 2).

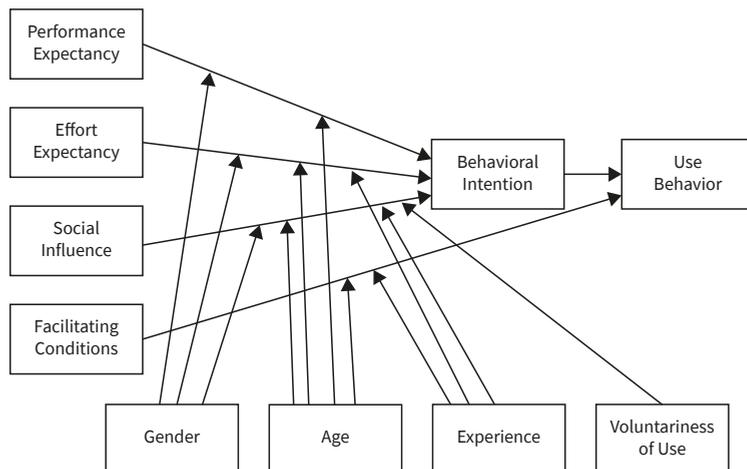


Abb. 2.: Das UTAUT-Modell fasst einige Faktoren aus verschiedenen Modellen vereinfacht zusammen (Venkatesh, Morris und Davis 2003).

Es sei an dieser Stelle noch der Hinweis gegeben, dass es sich bei der Technologieakzeptanz um eine Eigenschaft von Nutzern handelt, wie sie vor allem im Marketing und Konsumbereich untersucht werden. Nichtsdestotrotz sind auch Gestalter von digitalen Lernumgebungen von dieser

Thematik betroffen. Denn was nutzt einem Lernenden ein Medium, wenn es mangels Akzeptanz seitens des Lehrenden nicht ausreichend sinnvoll eingesetzt wurde oder sich der Lernende selbst weigert die Technologie zu verwenden? Somit sind auch die Lehrenden gefragt, unter Berücksichtigung aller Bedingungs- und Entscheidungsfelder ein geeignetes Medium zur Vermittlung der Lerninhalte zu finden und Forscher sind wiederum in der Pflicht, dies bei der Entwicklung von Lernumgebungen zu berücksichtigen.

Während die Frage nach einem passenden Modell im Projekt noch nicht beantwortet wurde, kann als dritter und letzter Punkt schon eine mögliche Lösung für das Problem der sozialen Präsenz angeboten werden, das sich der Problematik des Akzeptanzverhalten der Nutzer stellen muss, und inhärent weitere Herausforderungen mit sich bringt.

3.3 Mixed-Reality

Zuvor wurden schon einige Vorteile von Mixed-Reality im Kontext von Lernlaboren in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung besprochen. Beim kollaborativen Lernen stellt sich aber erneut die Frage nach der sozialen Präsenz. Zuvor sollte jedoch eine Vorstellung davon gegeben werden, was Mixed-Reality eigentlich bedeutet. Mit Mixed-Reality wird die Verschmelzung der Realität mit einer virtuellen Umgebung bezeichnet (Milgram und Kishino 1994). Wie man es bei einer Verschmelzung vermutet, kann dies über verschiedene Grade verlaufen und wird von Milgram und Kishino (1994) als Kontinuum beschrieben (Abbildung 3).

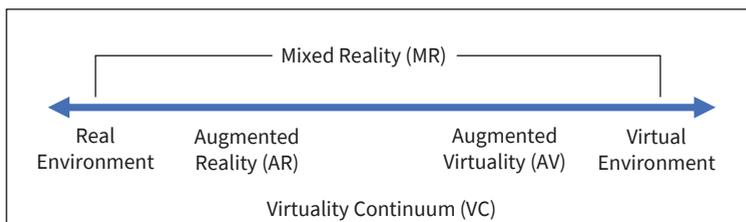


Abb. 3.: Das Kontinuum der Virtualität von Milgram und Kishino (1994).

Verschiedene Technologien, wie Virtual-Reality-Brillen, die sich in Abbildung 3 auf der rechten Seite befinden oder wie Augmented-Reality-Brillen etwas weiter auf der linken Seite, unterstützen dabei unterschiedliche

Ziele und Absichten, so wie es nach dem Berliner Modell und dem mediendidaktischen Design zu bewerten ist. Expert-Trainee Szenarien eignen sich, wie schon erwähnt, besonders dafür, die Vorteile beider Seiten zu kombinieren. Nun kann mit Hilfe dieser Technologie die soziale Präsenz gesteigert werden, indem z.B. die Indikatoren nach Tu und McIssac (2002) aufgegriffen werden und der Mangel an Mimik, Gestik, Tonfall usw. kompensiert wird. Der Sender, der sich z.B. in der virtuellen Realität befindet und ein Abbild einer realen Laborumgebung vor sich hat, kann mittels eines Avatars dargestellt und per Mikrofon für eine audio-visuelle Kommunikation zu Gesprächen zugeschaltet werden. Der Nutzer der Augmented-Reality-Brille kann sich wiederum relativ frei in der realen Umgebung bewegen, aber gleichzeitig (audio-)visuelle Hinweise durch den VR-Nutzer erhalten (Abbildung 4).

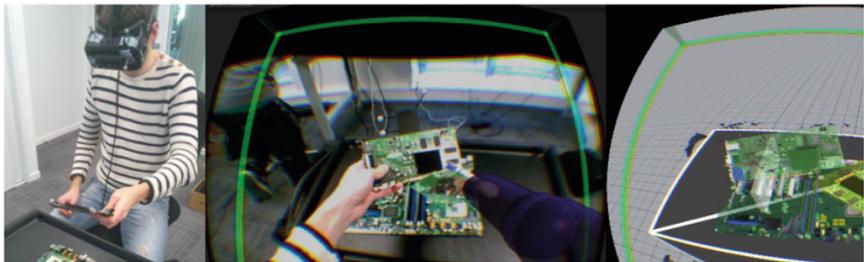


Abb. 4.: Ein Expert-Trainee Szenario wie es bei Le Chénéchal abgebildet ist.

Auch wenn über den Einsatz von Mixed-Reality versucht wird, die Vorzüge des Erlernens praktischer Bewegungsabläufe, einer erhöhten sozialen Präsenz – zumindest im Vergleich zu herkömmlichen digitalen Medien – und einem Fernzugriff zu verbinden, gibt es einige Nachteile, die einem weitverbreiten Einsatz im Wege stehen. Zum einen ist die Hardware zum aktuellen Zeitpunkt mit hohen Kosten verbunden und zum anderen muss die Entwicklung von Anwendungen in interdisziplinärer Arbeit erfolgen, um nicht nur die technischen, sondern auch die pädagogisch-didaktischen Aspekte zu gestalten. Zudem sind die MR-Brillen relativ aufwendig in ihrer Handhabung und benötigen geeignete physische Räume, um sich darin sinnvoll bewegen zu können. Ein ebenfalls wichtiger, aber bei der Forschung und Implementierung wenig berücksichtigter, Punkt ist die Kompatibilität mit Menschen, die eine Sehhilfe tragen oder anfällig für

Motion Sickness sind. Letzteres birgt auch ethische Herausforderungen, denn selbst wenn sich die Technologie als zielführend für die Umsetzung von Lernumgebungen herausstellt, wie verhindert man das Ausschliessen von bestimmten Nutzergruppen?

Es bleibt in jedem Fall noch offen, in welchen Bereichen die Nachteile, die mit Mixed-Reality verbunden sind, die Vorteile überwiegen. Bisher gibt es durchaus einige Studien, die mit positiven Ergebnissen zu den Vorteilen beim Lernen, auch im ingenieurwissenschaftlichen Bereich, aufwarten können (Abulrub, Attridge, und M. A. Williams 2011; Billinghamurst, Clark, und Lee 2015). Ziel des Projekts ist daher unter anderem die Wirksamkeit auf den Lernerfolg in Abhängigkeit der Kosten-Nutzen-Relation zu erforschen und nach pädagogisch-didaktischen Massstäben zu bewerten.

4. Fazit

Die Herausforderungen, denen sich Projekte wie das «DigiLab4U» stellen müssen, sind nicht in allen Fällen, wie dem Fehlen der sozialen Präsenz, neu. Auch kann der Mangel an Technologieakzeptanz bei Individuen im Sinne eines natürlichen Widerstandes gegen immer schneller fortschreitende Entwicklungen in diesem Bereich der Forschung verstanden werden, der nach Meinung der Autoren häufig zu wenig Beachtung geschenkt wird. Dem wird im Projekt dadurch Rechnung getragen, dass durch die Einbeziehung der Nutzeranforderungen, wie es auch im Berliner Modell und beim mediendidaktischen Design gefordert wird, eine erhöhte Einstellungs- und Nutzungsakzeptanz zu erwarten ist. Zu guter Letzt können gerade neue Technologien Erfolge für eine vernetzte Welt erzielen, wo, auch im Sinne des lebenslangen und damit verbundenen selbstregulierten Lernens, das «Was», «Wo» und «Wie» durch den Lernenden selbst bestimmt wird. Letztendlich gibt es noch weitere Problematiken, die weit über den dargelegten Forschungsstand hinausgehen. Zum Beispiel geben digitale Lernumgebung unter Einsatz von Learning Analytics äusserst sensible Daten preis. Nicht nur Lernende und Lehrende haben Zugriff auf die persönlichen Daten, die das Lernverhalten konstituieren, sondern auch Forschende. Während jedoch bei der Beobachtung im Klassenzimmer, selbst bei Videoaufnahmen, nur äusserlich beobachtbares Verhalten

aufgezeichnet wird, könnten Technologien wie Eye-Tracking zum Verfolgen der Augenbewegung oder Learning Analytics zum Verfolgen der Mausbewegungen auf dem Bildschirm das Verhalten des Lernenden stärker beeinflussen, da diese Informationen verstärkt Rückschlüsse auf die Kognition geben können. Dies ist natürlich aus Lehr- und Forschungszwecken so gewollt, darf aber die Bedenken von Lernenden nicht ausser Acht lassen, die nicht immer verbal geäußert werden. Schliesslich haben selbst unabhängige Forscher in einer Testumgebung Zugriff auf jede Kopf- und Augenbewegung, jede Geste und jede Echtzeit-Interaktion von Nutzern. Im Gegensatz zu Informationen, die sich bei synchroner Kommunikation oder bei Videoaufzeichnungen im Klassenzimmer, wo man sich der sozialen Präsenz als Lernender bewusst ist, leichter erschliessen, könnte sich das Verhalten eines Lernenden in der virtuellen Realität gänzlich ändern. Neben den Datenschutz und -Sicherheitsvorkehrungen, die später auch im Produktiveinsatz einer Lernumgebung gewährleistet sein müssen, gibt es auch noch das Problem, dass nicht jedem Lerner ein Augmented- oder Virtual-Reality-Headset zur Verfügung steht oder zumindest zur Verfügung gestellt werden kann. Während zudem die Gestaltung von Gebäuden, Räumen und inzwischen auch immer mehr Lehrmaterial an die Bedürfnisse von Menschen mit körperlichen Einschränkungen angepasst werden, gibt es bei Mixed-Reality Nachholbedarf. Mit Hinblick auf die angestrebten Gestaltungsempfehlungen, nimmt sich das Projekt auch der Fragen an, inwiefern ein Mehrwert in den Medien zur Unterstützung von Lernprozessen besteht und ob der zu investierende Aufwand gerechtfertigt werden kann. An dieser Stelle sei daher eine Empfehlung für ähnliche Vorhaben ausgesprochen, sich eingehend mit den Themen der sozialen Präsenz und der Technologieakzeptanz auseinanderzusetzen und frühzeitig strategische Massnahmen aus didaktischer Sicht zu planen, wie man mit diesen Herausforderungen umgehen wird. Insbesondere dann, wenn neue Technologien wie Mixed-Reality Anwendung finden sollen und es sich bei der Zielgruppe um diffuse Stakeholder wie Lernende, Lehrende und Forschende aus verschiedenen Themenbereichen einer Disziplin, wie es in den Ingenieurwissenschaften häufig vorkommt, handelt.

5. Ausblick

Zurzeit befindet sich das Projekt noch in einer ersten Phase, wo es um die Recherche zu den Themen der Konzepte geht und die Bedarfe der Nutzergruppen erhoben werden. Um diesen Nutzergruppen des Projekts gerecht zu werden, wurde, wie eingangs erwähnt, zu Beginn des Projekts der Fokus auf die Bedarfsanalyse gelegt. Dazu wurden bei den mit Test-Beds beteiligten Einrichtungen die Beschreibungen der Szenarien angefordert und nach dem Muster des Berliner Modells eingeordnet. Somit konnten wir uns einen Überblick über die Zielgruppen, Lehrinhalte, Methoden und Medien verschaffen. Danach wurden Experteninterviews für Lehrende gestaltet, in denen sie - auf der Basis ihrer Expertise zur Gestaltung von Lehre in den Ingenieurwissenschaften- nach ihren Erfahrungen, Vorstellungen und Meinungen zu den im Projekt behandelten Themen befragt wurden. Komplementär wurde die Perspektive der Studierenden auf die gleichen Themen als wichtige Zielgruppe im Projekt ebenfalls mittels Interviews erhoben. Da sich die Analyse der Bedarfe während der Ausfertigung dieses Beitrags noch in der Auswertung befindet, können allerdings noch keine Ergebnisse daraus vorgestellt werden.

Ausgehend von den erhobenen Bedarfen wird die Konzeptentwicklung und Vertiefung zu den Themen Serious Games, Mixed-Reality, verteilte und vernetzte Labore, Learning Analytics, selbstreguliertes und kollaboratives Lernen und der Integration in die Hochschullehre eingeleitet. Die Entwicklung der relevanten Teilkonzepte erfolgt gemäss des gewählten Design-Based Research-Ansatzes iterativ in bereits vorhandenen Laborumgebungen. Diese Szenarien werden mit Hinblick auf die Anforderungen geprüft, stetig weiterentwickelt und evaluiert, sodass am Ende des Projekts Forschungsergebnisse für eine Empfehlung zur Gestaltung der verschiedenen Entscheidungsfelder und möglichst fundierte Lösungen für die genannten Herausforderungen vorliegen.

Literatur

- Abulrub, Abdul-Hadi Ghazi, Alex Attridge, und Mark A. Williams. 2011. «Virtual Reality in Engineering Education: The Future of Creative Learning.» *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* 6 (4). <https://doi.org/10.3991/ijet.v6i4.1766>.
- Adl-Amini, Bijan, und Rudolf Künzli, Hrsg. 1981. *Didaktische Modelle und Unterrichtsplanung*. [2. Aufl.]. Juventa-Paperback. München: Juventa.
- Ambrose, Stephen E. 1999. *Duty, honor, country: A history of West Point* / Stephen E. Ambrose. Baltimore, London: Johns Hopkins University Press.
- Billinghurst, Mark, Adrian Clark, und Gun Lee. 2015. «A Survey of Augmented Reality.» *FNT in Human-Computer Interaction* 8 (2-3): 73–272. <https://doi.org/10.1561/1100000049>.
- May, Michael, Karen Skriver, und Gert Dandanel. «Technical and didactic problems of virtual lab exercises in biochemistry and biotechnology education.» In *41th SEFI Conference*. Bd. 16, 20. <https://www.sefi.be/wp-content/uploads/2017/10/18.pdf>.
- Davis, Fred D. 1985. «A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and results.» Doctoral dissertation.
- Deci, Edward L., und Richard M. Ryan. 2008. «Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health.» *Canadian Psychology/Psychologie canadienne* 49 (3): 182–85. <https://doi.org/10.1037/a0012801>.
- Dennis, A. R., und J. S. Valacich. 1999. «Rethinking media richness: towards a theory of media synchronicity.» In *Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences*. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers, 10: IEEE Comput. Soc.
- Feisel, Lyle d., und Albert J. Rosa. 2005. «The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education.» *Journal of Engineering Education* 94 (1): 121–30. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x>.
- Ginner, Michael. 2018. *Akzeptanz von digitalen Zahlungsdienstleistungen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Grodotzki, Joshua, Tobias R. Ortelt, und A. Ercan Tekkaya. 2018. «Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0.» *Procedia Manufacturing* 26:1349–60. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.126>.
- Hecker, Falk. 1997. *Die Akzeptanz und Durchsetzung von Systemtechnologien: Marktbearbeitung und Diffusion am Beispiel der Verkehrstelematik*. Saarbrücken: [s.n.].
- Heimann, Paul, Gunter Otto, und Wolfgang Schulz. 1977. *Unterricht: Analyse und Planung*. 9., unveränd. Aufl. Auswahl Reihe B 1/2. Hannover: Schroedel.
- Hodge, Hess, H. Scott Hinton und Michael Lightner. 2001. «Virtual Circuit Laboratory.» *Journal of Engineering Education* 90 (4): 507–11. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2001.tb00632.x>.
- Kerres, Michael. 2018. *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote*. Fifth edition. De Gruyter Studium. Boston, Massachusetts: Walter de Gruyter GmbH.

- Le Chenechal, Morgan, Thierry Duval, Valerie Gouranton, Jerome Royan, und Bruno Arnaldi. «Vishnu: Virtual Immersive Support for HelpiNg Users an Interaction Paradigm for Collaborative Remote Guiding in Mixed Reality.» In *2016 IEEE Third VR International 2016*, 9-12. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7563559/>.
- Limbu, Bibeg Hang, Halszka Jarodzka, Roland Klemke, und Marcus Specht. 2018. «Using sensors and augmented reality to train apprentices using recorded expert performance: A systematic literature review.» *Educational Research Review* 25:1–22. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.07.001>.
- Long, Phillip. 2011. *Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. New York, NY: ACM. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2090116>.
- McKenney, Susan, und Thomas C. Reeves. 2014. «Educational Design Research.» In *Handbook of research on educational communications and technology*. Bd. 13, hrsg. von J. M. Spector. Fourth edition, 131–40. New York: Springer.
- Milgram, Paul, und Fumio Kishino. 1994. «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays.» *IEICE Trans. Information Systems* vol. E77-D, no. 12: 1321–29. <http://www.alice.id.tue.nl/references/milgram-kishino-1994.pdf>.
- Peterßen, Wilhelm H. 2000. *Handbuch Unterrichtsplanung: Grundfragen, Modelle, Stufen, Dimensionen*. 9., aktualisierte und überarbeitete Auflage. München: Oldenbourg.
- Rogers, Everett M. 2003. *Diffusion of Innovations*. 5th ed. Riverside: Free Press.
- Short, John, Ederyn Williams und Bruce Christie. 1976. *The social psychology of telecommunications*. London: Wiley.
- Svajger, J., und V. Valencic. 2003. «Discovering electricity by computer-based experiments.» *IEEE Trans. Educ.* 46 (4): 502–7. <https://doi.org/10.1109/TE.2003.817615>.
- Tu, Chih-Hsiung. 2000. «On-line learning migration: From social learning theory to social presence theory in a CMC environment.» *J. Network and Computer Applications* 23:27–37. <https://doi.org/10.1006/jnca.1999.0099>.
- Tu, Chih-Hsiung, und Marina McIsaac. 2002. «The Relationship of Social Presence and Interaction in Online Classes.» *American Journal of Distance Education* 16 (3): 131–50. https://doi.org/10.1207/S15389286AJDE1603_2.
- Venkatesh, Morris, und Davis. 2003. «User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View.» *MIS Quarterly* 27 (3): 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>.
- «World's Oldest Laboratory?». 1990. *Anal. Chem.* 62 (13): 701A-701A. <https://doi.org/10.1021/ac00212a716>.
- Yanovich, Einat, und Omri Ronen. 2015. «The Use of Virtual Reality in Motor Learning: A Multiple Pilot Study Review.» *APE* 05 (03): 188–93. <https://doi.org/10.4236/ape.2015.53023>.
- Zubía, Javier G., und Gustavo R. Alves. 2012. *Using remote labs in education: Two little ducks in remote experimentation*: Publicaciones De La Unive.