

Augmentierte Realität und digitale Methoden im handlungsorientierten Praktikum

Antrag auf ein Fellowship des Ministeriums für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW und des Stifterverbandes

Antragsteller

Tippkötter, Nils, Prof. Dr.-Ing., Fachhochschule Aachen

Einleitung

Die Digitalisierung des Berufslebens erfordert eine fortlaufende Aktualisierung der Lehrkonzepte an Hochschulen. Insbesondere in den Bereichen der digitalen, virtuellen und augmentierten Realitäten gibt es hierbei interessante neue Ansätze. Im Lehrbetrieb an Hochschulen mit hohen Teilnehmendenzahlen ist ein erfahrungsorientierter Umgang mit solchen Systemen aus Gründen der Kosten und Logistik jedoch schwer umsetzbar.

Ziel des Projekts ist ein an der aktuellen und zukünftigen Berufspraxis orientiertes Lehrkonzept, das verschiedene digitale Innovationen und Methoden, wie Augmented Reality, in unterschiedlichen Lern- und Lehrsituationen verbindet. Das Konzept soll dabei im Kontext der Studiengänge Chemie und Biotechnologie entwickelt werden.

Ein hervorgehobener Ansatz ist eine digitale Praktikumsbegleitung in Form eines „Blended Learning“ mit günstigen und zukunftssicheren Technologien. Dies soll eine bewusste und individuelle Auseinandersetzung der Studierenden mit den Lerninhalten vor und nach der praktischen Durchführung von Experimenten gefördert werden. Ein innovativer Ansatz ist dabei die Nutzung des Cardboard-Systems zur Vorbereitung auf das Praktikum und als handlungsorientierte Ergänzung der Versuchsaapparaturen um Informationen zur Durchführung (Augmented Reality). Die Technologie kann mit den eigenen Smartphones der Studierenden ortsungebunden eingesetzt werden, so dass ein individuelles und den jeweiligen Vorkenntnissen angepasstes Lernen stattfinden kann. Ferner kann das Lernerlebnis im Vorlesungsbereich durch die Technologie unterstützt werden. So dienen virtuelle Exkursionen einem gesteigerten Anwendungsbezug und der Anschaulichkeit der Lehrinhalte.

Um darüber hinaus einen berufspraktischen Bezug zu neuen Datenerfassungstechnologien im Arbeitsalltag herzustellen, soll zudem eine durchgehende Digitalisierung der Versuchsabläufe im Praktikum erfolgen (Planung, Datenerfassung, Ergebnisdiskussion). Das computergestützte Erfassen und Teilen experimenteller Daten in elektronischen Laborjournals und Clouds bereitet auf die Notwendigkeit der Datensicherung und der „Guten Wissenschaftlichen Praxis“ im Forschungsalltag vor. Zusätzlich soll der Einsatz digitaler Messgeräte und Datentransfer- sowie Bearbeitungsmethoden auf die gestiegene Digitalisierung im Forschungsbereich vorbereiten.

Für eine individuelle und intensiviertere Bewertung und Diskussion der experimentellen Ergebnisse sollen Modellierungsmethoden zum Einsatz kommen. Durch digital geteilte Versuchsergebnisse können die Studierenden ihre experimentellen Ergebnisse in Teams auswerten und besprechen. Die so gewonnenen Daten werden anhand physikalischer Vorhersagemodelle mit dem theoretischen Wissen aus begleitenden Vorlesungen verglichen. Eine Bewertung und Diskussion der erzielten Ergebnisse ist zudem durch deren Einbindung in virtuelle Prozesssimulationen mit integrierter Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vorgesehen. Hierdurch tritt eine Kontextualisierung des einzelnen Experiments im umfassenderen Zusammenhang ein, wodurch ein Praxisbezug hergestellt sowie ein aktiver, reflektierter Umgang mit Lernstoff angestoßen wird.

Problemstellung

Mit der Realisierung leicht verfügbarer virtueller Technologien und digitaler Informationsquellen in verschiedenen Lern- und Lehrsituationen soll verschiedenen Problemen begegnet werden.

Problem: Ressourcen in der Laborpraktischen Lehre

Zurzeit werden die theoretischen Konzepte der Vorlesungen in praxisorientierten Versuchen vertieft. Hierdurch haben die Studierenden die Möglichkeit, das Gelernte anzuwenden und somit das Wissen zu vertiefen und verstetigen. Meine bisherigen Erfahrungen und Nachbesprechungen von Praktika führen mich zu dem Schluss, dass der Lernerfolg am höchsten ist, wenn die Kursteilnehmenden in Ruhe selbst die Praktikumsversuche, bzw. deren zugrundeliegenden Zusammenhänge, erfassen und durchdenken können (Daubenfeld 2012). Durch die oft hohe Zahl an Kursteilnehmenden ist eine Versuchsdurchführung mit Einzelpersonen oder Zweiergruppen innerhalb eines Semesters kaum realisierbar. Die virtuelle Darstellung der Versuche ermöglicht es den Studierenden jedoch, sich vor Beginn des Praktikums in Ruhe mit dem experimentellen Konzept immersiv vertraut zu machen und sich während der tatsächlichen Versuchsdurchführung voll auf die Ergebnisse und deren Interpretation zu fokussieren. Die Digitalisierung von Laborpraktika ermöglicht somit die Vermittlung praxisnaher Ausbildungsinhalte trotz der zeitlichen und finanziellen Grenzen im Hochschullehrbetrieb.

Problem: Begrenzte Zeit und Mittel für Exkursionen

Anschaulichkeit und Erlebbarkeit sind wichtige Voraussetzungen für das praxisorientierte Lernen in den Ingenieur- und Naturwissenschaften (Haug, 1980) und darüber hinaus gewiss in nahezu jedem Lehrbereich. Gerade für das Verständnis des Zusammenspiels von Produktionsabläufen und großen technischen Anlagen ist eine Begehung vor Ort im Kontext eines Praktikums oder einer Exkursion sinnvoll. Jedoch können solche Möglichkeiten aus Zeit-, Platz- und Kostengründen in vielen Fällen nicht oder nur sehr begrenzt geboten werden. Ergänzende virtuelle Abbilder von Industrieanlagen oder anderen Exkursionszielen können die Praxisorientierung in der Lehre stärken.

Problem: Vorbereitung auf den wechselnden, modernen Berufsalltag

Neben der Intensivierung der Erfahrbarkeit von Lehrinhalten dient das Konzept der Vorbereitung auf den Berufsalltag in den kommenden Jahrzehnten. Die Nutzung virtueller bzw. augmentierender Technologien in Betrieben wird voraussichtlich weiter zunehmen. So sind bereits jetzt Systeme im Einsatz, die in Produktionsabläufen Zusatzinformationen in das Sichtfeld des Betriebspersonals einblenden können (Head-Up-Displays oder Mixed-Reality-Brillen). Die künftige technologische Entwicklung der "Augmented Reality" als Hilfsmittel in betrieblichen Abläufen kann bereits im Studium erfahren werden. In der Realität des Lehrbetriebs an Hochschulen mit hohen Kursteilnehmendenzahlen ist jedoch ein erfahrungsorientierter Umgang mit solchen Systemen aus Gründen der Kosten und Logistik schwer realisierbar.

Ein weiterer Bedarf an Modernisierung des Praktikumsablaufs wird im Bereich der Software-gestützten Versuchsvorbereitung und Auswertung gesehen. So beinhalten zahlreiche Praktikumsabläufe noch die händische Berechnung und zeichnerische Auswertung der Ergebnisse. Im Berufsalltag werden für die Versuchsplanung überwiegend numerische Rechenprogramme eingesetzt, mit denen physikalische Modelle erstellt und einfach gelöst werden können. Auf diese Weise lässt sich bereits vor Beginn des Versuchs abschätzen, welche Parameteränderungen einen signifikanten Einfluss auf das Versuchsergebnis haben. Im Bereich der Lehre können die Studierenden zusätzlich anhand der Modelle fast spielerisch die zugrundeliegenden Zusammenhänge

des Experiments durch Änderung von Versuchsbedingungen erfahren. Ein weiterer praxisrelevanter Aspekt ist die ökonomische Bewertung der experimentellen Versuchsergebnisse, die oft zugunsten theoretischer und physikalischer Zusammenhänge vernachlässigt wird. So werden im Ingenieurbereich neue Erkenntnisse eines Versuchs häufig in eine Stoffstromsimulation eines größeren Prozesses übertragen, um die Auswirkung der neuen Ergebnisse auf die Produktion abzuschätzen (Erstellen eines Business Case). Beide digitalen Aspekte können durch sinnvolle Einbindung von etablierten Softwarepaketen in einem Praktikumsablauf aufgegriffen werden.

Problem: Wahrung der Guten Wissenschaftlichen Praxis

„Gute Wissenschaftliche Praxis“ wird immer bedeutender im Berufsalltag und kann als Teilaspekt der „Industrie 4.0“ aufgefasst werden. So ist die digitale, automatisierte Erfassung, Archivierung und Darstellung von Messergebnissen und Rohdaten ein wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung in Forschung und Entwicklung. Dieser Aspekt wird zunehmend in Lehrpläne aufgenommen, konzentriert sich aber häufig auf die rechtlichen Aspekte des Good Labor Practice (GLP), während die schnelllebigen digitalen Aspekte der Prozessüberwachung und Rohdatensicherung weniger Beachtung finden.

Darüber hinaus erfordert das Arbeiten in interdisziplinären Teams das anschauliche Darstellen und Teilen von Informationen. Prinzipiell ist dies unter Einsatz klassischer Computer und Servertechnologien realisierbar. Jedoch sollte dem Sammeln und Weitergeben von Wissen und Methoden in einer komplexer werdenden Welt bereits in der Ausbildung eine erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Lösungsansätze im Praktikum sind digitale Laborbücher, die digitale Erfassung von Messwerten mit universellen Laborcomputern, deren Darstellung für ein Team auf Bildschirmen und Konzepte zur Archivierung von Rohdaten (laut DFG über einen Zeitraum von 10 Jahren).

Zielsetzung

Aus den Problemstellungen und angedeuteten Lösungsansätzen lassen sich vier Arbeitspakete ableiten, die innerhalb eines Jahres als Grundlage für die Digitalisierung der Praktikumsausbildung etabliert werden sollen:

- AP 1: Praktikumsvorbereitung und Sicherheitsunterweisung durch virtuelle Umgebungen
- AP 2: Laborpraktikum mit digitaler Datenerfassung und "Augmented Reality"
- AP 3: Digitale Datenerfassung und Darstellung im Labor
- AP 4: Modellierung und Prozesssimulation der physikalischen Zusammenhänge

Eine detaillierte Darstellung der Arbeitspakete und ihrer Umsetzung folgt weiter unten nach der Darlegung des zu realisierenden Kompetenzerwerbs.

Kompetenzerwerb

Der zugrundeliegende didaktische Ansatz ist die interaktive, erlebbare und auch wiederholbare Erfassung von Zusammenhängen. Mit den Erweiterungen der Lehre um digitale Inhalte in Vorlesung und Praktikum kann der Kompetenzerwerb der Studierenden in diesen drei Bereichen optimiert werden:

- Selbstständige Durchführung von praktischen Arbeiten im Labor,
- Verständnis des Gesamtzusammenhangs von (Produktions-)Prozessen und Einordnung der Lehrinhalte in diese,
- Verständnis und Anwendung von aktuellen, zukunftsweisenden und in der beruflichen Praxis relevanten Technologien und Methoden wie Augmented Reality und digitale Methoden im experimentellen Forschungsbereich.



Zusammen dienen diese Kompetenzen einer gesteigerten Praxisorientierung, die durch den Einsatz neuer Technologien in verschiedenen Lern- und Lehrsituationen besonders auf eine Vorbereitung auf die fortschreitend digitalisierte Berufswelt ausgerichtet ist.

Kompetenz „Selbständiges Arbeiten“

Der Ansatz der interaktiven Wissensvermittlung mit Augmented Reality zur Unterstützung des Selbststudiums hat Ähnlichkeit zu dem verbreiteten Lernen anhand von Videos (YouTube usw.). Ich biete bereits Tubes zu Lösungswegen von Übungsaufgaben oder der Bedienung von Prozesssimulationsprogrammen für die Studierenden an. Dieses Angebot wurde sehr positiv angenommen. Insbesondere schätzen die Studierenden die Möglichkeit des unterstützten eigenständigen Lernens (Kursukar et al., 2011). Die Inhalte können in Ruhe in Eigenarbeit betrachtet werden, in den Präsenzphasen wird dies diskutiert und bei Bedarf vertieft. Der Einsatz von Augmented Reality für die Vorbereitung und Durchführung des Praktikums ermöglicht eine Individualisierung des Lernens sowie eine aktivere und selbstständigere Auseinandersetzung mit den Lerninhalten. Unterschiedliche Vorkenntnisse, verschiedene Lerngeschwindigkeiten und damit die Heterogenität der Lernenden können auf diese Weise berücksichtigt werden.

Das selbstständige Lernen wird im Rahmen der Vorlesung als Blended Learning mit der Präsenzlehre verknüpft. Eine Abfrage des Verständnisses und Vertiefungsbedarfs in der Vorlesung kann dabei als offene Diskussion der Inhalte erfolgen. Um auch in Kursen mit sehr hohen Teilnehmendenzahlen den Bedarf aller Studierenden zu erfassen, werden anonyme Fragen mit dem ILIAS „Life Voting System“ gestellt, die die Studierenden mit Smartphones oder Notebooks beantworten können. Die Auswertung der Antworten in Echtzeit lässt den Bedarf für Wiederholungen und Vertiefungen unmittelbar erkennen. Somit können die Studierenden Einfluss auf das Lerntempo in den Präsenzphasen nehmen und auch bei Bedarf ergänzende digitale Inhalte fordern. Zudem wird durch das Blended Learning eine Effizienzsteigerung im Bereich des Selbststudiums angestrebt. Durch die Kombination aus Selbstlernmaterialien und Präsenzlehre mit digitalen Inhalten, neuen Technologien, Feedback sowie Austausch soll die Motivation zur Vor- und Nacharbeitung der Präsenzinhalte gesteigert werden (Schneider & Mustafic, 2015). Dieses Konzept soll mit neuen interaktiven Möglichkeiten in den Laborbetrieb übertragen werden. So sollen den Studierenden vor den Praktika bzw. den zugehörigen Eingangsprüfungen bereits Laborführungen angeboten werden, während derer sie die Versuchsapparate „augmentiert“ kennenlernen können. Zurzeit erlernen die Studierenden den Ablauf des Praktikums vorab aus dem zugehörigen Skript. Aus bisherigen Erfahrungen resultiert die abstrakte Versuchsbeschreibung in einem wiederkehrenden Lesen der Versuchsvorschriften während der Versuchsdurchführung (unselbstständiges Abarbeiten von Anweisungen). Dies vermindert meist den Lernerfolg. Ein eigenständiges, gut vorbereitetes Arbeiten mit den Versuchsapparaturen lässt mehr Freiraum für das Hinterfragen der zugrundeliegenden Zusammenhänge der Versuche (Tekkaya, A. E. et al. 2016). Durch die intensivere Versuchsvorbereitung durch virtuelle und augmentierte Inhalte sowie den spielerischen Umgang mit grafischen Modellen der Versuchsverläufe sollen die selbstständige Diskussion und das Lösen von praktischen Problemen angestoßen und so der Lernerfolg erhöht werden.

Kompetenz „Verständnis des Gesamtzusammenhangs“

Über den Praktikumsbereich hinaus können in den zugehörigen Vorlesungen Produktionsprozesse in ihrer Gesamtheit veranschaulicht werden. Mehr als die Hälfte der aktuellen Vorlesungsinhalte vermitteln Funktionsprinzipien und Berechnungsgrundlagen technischer Operationen. Dies ist beruflich sehr relevant, wird aber häufig von den Studierenden als zu abstrakt angesehen. Als didaktische Herangehensweise wird



die praktische Bedeutung der technischen Operationen derzeit durch die Darstellung ihres Einsatzes in Produktionsprozessen erläutert. Anlagen mit bekannten Produkten (z. B. petrochemische Raffinerien) werden vorgestellt und die einzelnen technischen Operationen darin hervorgehoben. Als Erweiterung des Konzepts sollen in den Vorlesungen "Prozesstechnik" im Fach Chemie und "Verfahrenstechnik" im Fach Biotechnologie die Operationen und Komponenten von Produktionsanlagen als virtuelle Realität betrachtet werden können. Ziel ist eine Steigerung der Anschaulichkeit der Prozesse. Die Studierenden können die Lehrinhalte unmittelbar im Zusammenhang verstehen und verstehen. Der Praxisbezug steigert die Motivation der Studierenden für eine Auseinandersetzung mit den Lehrinhalten (Schneider & Mustafic, 2015). Ein erstes Fallbeispiel soll das Gelände der Zuckerfabrik Jülich sein, die bereits nahezu alle wichtigen verfahrenstechnischen Operationen (z. B. Mahlen, Extrahieren, Destillation) enthält.

Kompetenz „Verständnis und Anwendung von augmentierten Realitäten und Digitalisierung“

Augmentierte Realitäten befinden sich noch in der Entstehungs- oder Etablierungsphase. Aufgrund des großen Potentials der Technologie sowohl im Berufsalltag als auch in der Lehre wird eine Integration in das Studium als äußerst sinnvoll erachtet. Die Technologie wird in die verschiedenen Lehr- und Lernsituationen integriert (siehe Abschnitt „Herangehensweise und Entwicklungsweg“). Den Studierenden werden beispielsweise im Praktikum ergänzende Informationen zur Bedienung und Funktion komplexer Laborapparaturen online zur Verfügung gestellt. Mit den Smartphones lassen sich diese Informationen im Praktikum in eine Echtzeitvideoaufnahme der Apparatur integrieren. Im Studienverlauf soll dies das selbstständige Erlernen der Gerätebedienung verbessern (s.o.). Die Erfassung und das Teilen von experimentellen Daten mittels Clouds, digitalen Laborjournalen und numerischen Modellen bereitet auf zeitgemäße Vorgänge im experimentellen Forschungsbereich vor. Durch die Anwendung dieser Technologie und Auseinandersetzung mit dieser erlangen die Studierenden ein gesteigertes Verständnis dazu und lernen die Einsatzmöglichkeiten, Chancen und Grenzen dieser Technologie kennen.

Integration in das Studium

Die Methoden sollen in den Studiengängen Chemie und Biotechnologie in den Bachelor-Lehrveranstaltungen „Einführung in die Verfahrenstechnik“ (2. Sem. Teilnehmendenzahl (TZ) ca. 80), „Prozesstechnik“ (3. Sem, TZ ca. 70) und „Downstream Processing“ (5. Sem, TZ ca. 60) etabliert werden. Die didaktischen Ansätze können darüber hinaus auch in weiterführenden Master-Veranstaltungen eingesetzt werden. Für letztere stehen insbesondere die eigenständige Messdatenerfassung und Entwicklung von digitalen Regelstrecken für Versuchsaufbauten im Vordergrund. Zudem sollen in den fortgeschrittenen Praktika interaktive Einweisungen in die komplexen Laborapparaturen (insbesondere Chromatographieanlage) angeboten werden.

Die Aspekte der Praktikumsbegleitung werden zunächst in drei Praktika (s.o.) etabliert. Die jeweiligen Versuche stehen vorab auf ILIAS als HTML-Dateien zur Verfügung und können am Bildschirm oder mit dem Smartphone betrachtet werden. Ein Hinweis auf das Angebot erfolgt in den Praktikumsankündigungen und auf der Homepage. Zudem wird eine Einführung in der verpflichtenden Vorbesprechung zum Praktikum erfolgen. Die Cardboard-Halterungen (siehe nächster Abschnitt) sollen den Studierenden in der Vorlesung zur Verfügung gestellt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die überwiegende Mehrheit der Studierenden über ein Smartphone verfügt. Mittelfristig sollten jedoch einige Apparate leihweise überlassen werden. Zudem können die Szenarien auch an Computern betrachtet werden.

Die eigenständige Vorbereitung auf die Praktikumsversuche endet mit einer interaktiven Sicherheitsprüfung, die vor Beginn der experimentellen Arbeiten bestanden werden muss. Diese Prüfung wird mit ILIAS-ImageMaps zu den Versuchsaufbauten und Sicherheitseinrichtungen im Labor durchgeführt (ImageMap-Tests führe ich bereits durch, diese sind entsprechend etabliert). Die augmentierten Versuchsinformationen können während des Praktikums abgerufen werden. Für die Datenerfassung und Auswertung steht ein EDV-Raum mit 25 Arbeitsplätzen zur Verfügung.

Herangehensweise und Entwicklungsweg

Eine detaillierte Ausführung der Herangehensweisen für weitere Entwicklungen ist unten dargestellt. Sie folgt inhaltlich den oben aufgeführten Arbeitspaketen. Hierbei muss angemerkt werden, dass voraussichtlich nicht alle Aspekte für alle Lehrinhalte innerhalb eines Jahres vollständig realisiert werden können. Es geht hierbei primär um die Etablierung der Grundlagen und Einführung der Technologien in den Lehrbetrieb. Ein weiterführender Ausbau des Angebots wird in Folgevorhaben angestrebt.

AP 1: Praktikumsvorbereitung und Sicherheitsunterweisung durch virtuelle Umgebungen

Die virtuelle Darstellung von Laborexperimenten und Anlagen soll als Ergänzung bestehender Lehrinhalte genutzt werden. Die Studierenden können sich bereits vor dem Praktikumsbeginn in den Laboren umsehen und bewegen, sowie Informationen zu den einzelnen Operationen eingeblendet bekommen. Somit haben die Studierenden die Möglichkeit, sich bewusster und intensiver mit den Versuchen zu beschäftigen. Zielsetzung ist zugleich eine Steigerung der Lernmotivation durch die immersive Technologie. Ein weiterer vielversprechender Einsatz in der Lehre ist die realitätsnahe Erläuterung der Sicherheitseinrichtungen. So können Fluchtwege, Notduschen und Sammelpunkte vorab in Ruhe durch die Studierenden besichtigt werden. Diese intensivere Beschäftigung erhöht zum einen die Laborsicherheit und gibt, zum anderen, den Studierenden mehr Zeit für die Befassung mit den Lerninhalten im Praktikum.

Die technische Realisierung basiert auf dem kostengünstigen Cardboard-System, in das beliebige Smartphones eingelegt werden können, um virtuelle Inhalte zu projizieren. Mit dem Cardboard-System kann eine dreidimensionale virtuelle Umgebung generiert werden, die den Sichtbewegungen des Nutzers folgt. Somit ist ein durchgehendes Raumgefühl realisierbar. Die Erstellung der hierfür notwendigen vollsphärischen Panoramaaufnahmen (s. Anhang, Abb. 1) kann mit handelsüblichen Kameras oder Smartphones erfolgen. Dabei werden Aufnahmen in unterschiedlichen Sichtwinkeln über ein spezielles Softwarepaket zu einem durchgehenden Rundumbild zusammengefügt („Stitchen“). Zudem soll für schnelle Aufnahmen und Videosequenzen eine vollsphärische Kamera zum Einsatz kommen, die unmittelbar eine Rundumsicht digitalisieren kann, dies jedoch in einer geringeren Auflösung. Die so aufgenommenen Bilder können mit etablierten Softwarepaketen um „Hotspots“ ergänzt und miteinander verknüpft werden. Die Hotspots reagieren interaktiv auf Maus- oder Sichtbewegungen und lösen die Darstellung von Zusatzinformationen aus. Dies können erläuternde Abbildungen, aber auch Texte, Audiosequenzen oder Videos sein.

Dieselbe Technologie soll in den Vorlesungen eingesetzt werden, deren Inhalte auf die Praktika abgestimmt sind. So sollen u. a. virtuelle Besichtigungen von Produktionsanlagen begleitend zu technischen Hintergründen den Lernerfolg erhöhen.

AP 2: Laborpraktikum mit digitaler Datenerfassung und Augmented Reality

Das weitergehende Ziel der Virtualisierung ist ein interaktiver Laborbetrieb mit Augmented Reality. Dabei wird die reale Umgebung in Echtzeit mit eingeblendeten zusätzlichen Informationen, wie z. B. Anleitungen oder Datenblättern, ergänzt. Als ers-

ter konkreter Ansatz soll eine erweiterte Realität im Praktikum „Downstream Processing“ eingesetzt werden. In dem Praktikum werden u. a. komplexe Chromatographieanlagen zur Aufreinigung von Proteinen eingesetzt. Die Anlagen verfügen über zahlreiche Ventile und Schaltstellungen, die vorab von den Studierenden programmiert werden müssen. Die Programmierung der richtigen Sequenzen ist eine Umsetzung des theoretischen Wissens aus der zugehörigen Vorlesung in die Praxis. Jedoch fällt es meist bei der ersten Bedienung der integrierten Apparate schwer, sich die unterschiedlichen Flusswege innerhalb der Apparate vorzustellen. Eine visuelle Einblendung dieser Flusswege mittels des Smartphones würde das Erläutern und Verstehen der Anlage sehr erleichtern. Auch die Bedienung anderer Geräte im Praktikum erfordert häufig längerfristige Begleitung und Versuchseingriffe durch das Laborpersonal. Aus bisherigen Beobachtungen zeigt sich, dass der Lerneffekt jedoch deutlich größer ist, wenn sich die Studierenden eigenständig oder in der Gruppe mit den Apparaten und Techniken auseinandersetzen können. Entsprechend sollen kritische Bedienhandlungen an den Apparaten (z. B. Einstellungen an den Bedienfeldern) augmentiert eingeblendet werden, um mehr Eigenständigkeit zu ermöglichen.

Mittels bestehender Software (bzw. Apps) können die Versuchsaufbauten und andere Laborgeräte durch die Smartphone-Kamera erkannt werden. Nach Erkennung werden zusätzliche Informationen als Ton, Video oder Datenblatt in das Kamerabild eingeblendet. Es entsteht der Eindruck, dass in dem realen Kamerabild auf dem Bildschirm des Smartphones weitere Informationen eingeblendet sind. Unter Einsatz der Cardboard-Halterung lässt sich so für viele Personen bzw. mit wenig Kostenaufwand eine „Mixed-Reality“ erlebbar machen. Im Praktikumsablauf sollen unterstützende Bedienungsanleitungen zu Apparaten abgerufen werden. Zudem sollen ergänzende Daten für Chemikalien und Lösungen eingeblendet werden, sobald das Smartphone die Behälterkennzeichnung erfasst.

AP 3: Digitale Datenerfassung und Darstellung im Labor

Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, ihre Erkenntnisse geordnet zu sammeln und miteinander zu teilen. Im Praktikumsablauf steht dies in einem Zusammenhang mit dem Aspekt „Nachbereitung“ des AP 4. Die Studierenden arbeiten in Teams, die zum Schluss des Praktikums ihre Ergebnisse und Erkenntnisse teilen müssen, um kooperativ eine Auswertung und Diskussion anhand eines digitalen Prozessmodells zu erarbeiten.

Darüber hinaus kann die digitale Datenerfassung für Abschlussarbeiten genutzt werden, in denen vergleichbare Labor-Meetings mit gemeinsamer Diskussion der Forschungsfortschritte durchgeführt werden. Das digitale Aufzeichnen und Teilen von Praktikumsresultaten kann mit der bestehenden EDV-Infrastruktur der FH Aachen realisiert werden. Ziel ist eine einfache Zugänglichkeit der Daten auf Tablets, Smartphones und Computern. Durch die Server-basierten Systeme Sciebo und ILIAS können bereits Daten in zahlreichen Formaten ausgetauscht werden. So kann die Versuchsprotokollierung und Datensammlung über Sciebo zur Führung von Laborjournalen (Microsoft OneNote) für den gemeinsamen Zugriff auf Messergebnisse genutzt werden. ILIAS kann vollständige Wikis und HTML-Seiten zur Erfassung von Methoden und Ergebnissen zur Verfügung stellen. Die Systeme müssen lediglich auf das neue Nutzungsszenario hin angepasst und die Datenhandhabung im Probetrieb verbessert werden. Eine dauerhafte Archivierung von Messdaten erfordert ein Speichersystem größerer Kapazität und mit redundanten Festplatten. Hierfür soll die Eignung eines handelsüblichen NAS-RAID-Systems erprobt werden.

Als Vorbereitung der Studierenden auf die digitale Messdatenerfassung und Auswertung im Laborbetrieb ist der Einsatz von Messcomputern vorgesehen. Hierbei handelt es sich um kleine, batteriebetriebene Systeme mit integriertem Bildschirm. Ein großer Vorteil für den Lehrbetrieb ist die universelle Einsetzbarkeit des Messsystems. Es



können nahezu alle Arten von analogen oder digitalen Signalen erfasst sowie zahlreiche Sensoren angeschlossen werden. Die Daten können über USB oder Funk zur Auswertung auf Laborcomputer transferiert werden. Zudem kann der Messcomputer um einfache Programme erweitert und mit der Programmiersprache LabVIEW verbunden werden. Somit sind weiterführende Anwendungen im Bereich Messen und Regeln möglich; die Studierenden können im Praktikum mit einfachen Mitteln eine Regelung (z. B. Temperatursteuerung für ihre Versuche) selbst erarbeiten und konstruieren. Hierbei ist Arbeiten im Team notwendig (kooperatives Lernen). Zusätzlich kann das Ergebnis der Konstruktion unmittelbar in einem nachfolgenden Praktikumsversuch zur Temperaturregelung eingesetzt werden, was voraussichtlich die Motivation der Studierenden steigern wird.

AP 4: Modellierung und Prozesssimulation der physikalischen Zusammenhänge

Die Versuchsvorbereitung und -nachbereitung begleitend zum Praktikum wird mit Mitteln der Modellierung und Simulation verfolgt. Als Vorbereitung auf die Versuche werden die physikalischen Zusammenhänge als numerische Modelle zur Verfügung gestellt. Die Studierenden können mit einer grafisch-interaktiven Oberfläche den Einfluss der Versuchsparameter vorab kennenlernen und entsprechend ihren Versuchsplan erstellen. Dies entspricht dem typischen Vorgehen eines Projektingenieurs/einer Projektingenieurin und verbessert somit den Bezug zur Berufspraxis. Zudem erhöht der spielerische Umgang mit den grafischen Modellen der Versuche die Motivation zur Auseinandersetzung mit den Lehrinhalten und kann physikalische Zusammenhänge veranschaulichen, die in den Praktikumsversuchen nicht alle abgebildet werden können (Glessmer et al., 2016). Ein weiterer motivationssteigernder Effekt kann die vergleichende Betrachtung der Vorhersagen des Modells mit den praktischen Ergebnissen des Versuchs sein. Auf diesem Weg sind intensivere Auseinandersetzungen und Diskussionen der zugrundeliegenden Zusammenhänge möglich.

Für die Vorhersage physikalischer Zusammenhänge in einem Praktikumsversuch kann die frei verfügbare numerische Software „Berkeley Madonna“ genutzt werden. Dieses Paket wird von mir bereits in der Forschung eingesetzt, die Bedienung ist somit bekannt und kann zügig im Lehrbereich implementiert werden. Als Nachbereitung werden die experimentellen Ergebnisse in ein Prozessmodell übertragen, mit dem die Massenströme und Wirtschaftlichkeit in einer virtuellen Produktionsanlage bewertet werden können. Hierfür steht ebenfalls ein professionelles Softwarepaket in der Forschung zur Verfügung, das auf den Lehreinsatz transferiert werden kann. Da die Vorlesungen bereits jetzt auf die Praktikumsversuche abgestimmt sind, kann auch die Bedienung der Softwarepakete in diesem Rahmen vermittelt werden. So ist es vorgesehen, den Studierenden in der Vorlesung eine Einführung in die notwendigen Methoden zu geben. Weiterführende Informationen stehen als Video-Tutorial auf ILIAS bereit (diese Aspekte des digitalen Praktikums sind als Probe bereits teilweise realisiert).

Verstetigung und Transfer

Durch Einsatz kostengünstiger Technologien und Einsatz verbreiteter kommerzieller Software ist eine Zukunftsfähigkeit der Entwicklung gegeben. Eine Verstetigung ist unmittelbar durch die Einbindung der virtuellen Umgebungen in die von mir betreuten Vorlesungen und Praktika in den Fächern Chemie und Biotechnologie gegeben. Einmal entwickelte Szenarien können weiterverwendet werden. Die Erstellung neuer virtueller Realitäten ist nach der Methodenetablierung mit geringem Aufwand möglich. Es können Kurzworkshops für Lehrende zur eigenständigen Erstellung der virtuellen Umgebungen angeboten werden. Zudem ist die allgemein zugängliche Speicherung bestehender Angebote im Sinne von Open Educational Resources vorstellbar. Die Di-



gitalisierung der Laborabläufe (z. B. Journale, Datenerfassung) entspricht dem allgemeinen Trend in Forschung und Entwicklung. Somit sind eine Verstetigung und ein Transfer in alle forschungsorientierten Arbeitsgruppen sehr gut vorstellbar.

Zudem basieren die technologischen Grundlagen auf der üblichen digitalen Infrastruktur einer Hochschule, so dass eine dauerhafte Nutzung sehr wahrscheinlich ist. Vergleichbares gilt für die Modellierung und Prozesssimulation, die im Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften in vielen Szenarien eingesetzt werden können. Insbesondere eine Übertragung der Modelle in den Vorlesungs- und Übungsbereich zur anschaulichen Darstellung von Zusammenhängen bietet ein großes Potenzial.

Das Vorhaben bietet ausgesprochen vielfältige Möglichkeiten der Weiterführung und des Transfers auf andere Lehrinhalte, Fachbereiche und Hochschulen. Die räumliche, eintauchende Darstellung von Inhalten ist in nahezu allen Fächern relevant. So sind die bestehenden Programmpakete in der Lage, dreidimensionale Bilder in Papier-skripte zu projizieren. Im Bereich der theoretischen Ausbildung kann die augmentierte Darstellung genutzt werden, um z. B. Molekülstrukturen dreidimensional während der Vorlesung zu betrachten. Entsprechend können in Folgeprojekten plastisch-anschauliche, bewegte Darstellungen als Ergänzung der Skripte angeboten werden.

Für andere Fächer bieten insbesondere die virtuellen und augmentierten Technologien ein beträchtliches Potenzial. So sind im Bereich der Bautechnik z. B. augmentierte Führungen durch Gebäude möglich, die den Verlauf von Konstruktionslementen oder Rohren hinter den Wänden verdeutlichen. Im Bereich der Elektrotechnik können Stromflüsse auf Schaltkreisen augmentiert dargestellt werden, im Bereich der Medizin funktionelle Zusammenhänge des Körpers.

Erfolgsaussichten, Risiken und Evaluation

Die weiter oben genannten Arbeitspakete wurden in einigen Fällen bereits durch exemplarische Proben auf ihre Machbarkeit hin geprüft. So konnte bereits eine voll-sphärische Aufnahme eines Praktikumsaufbaus erstellt und in einem Cardboard angeschaut werden (s. Anhang, Abb. 1). Auch im Bereich der digitalen Datenerfassung findet ein Probetrieb im Forschungsbereich mit Cloud-basierten OneNote-Laborjournalen statt. Im Bereich der Software-gestützten Praktikumsauswertungen existieren Modelle und Simulationen aus dem Forschungsbereich, die auf den Lehrbetrieb übertragen werden können (s. Anhang, Abb. 2). Entsprechend ist die Realisierbarkeit technisch vorbereitet und ein Erfolg sehr wahrscheinlich.

Begleitend zu der Integration der neuen Inhalte und Methoden in die genannten Module ist eine Beurteilung des Erfolgs, der Risiken und des Verbesserungspotenzials nach Erprobung der Lehrinnovation notwendig. Das Zentrum für Hochschuldidaktik und Qualitätsentwicklung (ZHQ) der FH Aachen hat für den Fall einer Antragsbewilligung Unterstützung bei Evaluationen oder Befragungen hinsichtlich der oben ausgeführten Kompetenzschwerpunkte angeboten. Ein sinnvoller Ansatz wäre die Erweiterung der bereits bestehenden Praktikumsnachbesprechung und -evaluierung um Aspekte der virtuellen Begleitung.

Zusätzlich sollen ein bis zwei Feedback-Workshops für die Studierenden angeboten werden. In deren Rahmen sollen insbesondere Verbesserungsmöglichkeiten und eventuelle Schwierigkeiten im Umgang mit den neuen Technologien diskutiert werden. Um dem Risiko einer technischen Überforderung der Studierenden weiter zu begegnen, sind zusätzlich zu der Vorbereitung in den Vorlesungen Sprechstunden vorgesehen. Mittelfristig können wiederkehrende Fragen zu einer FAQ zusammengefasst und im ILIAS-System veröffentlicht werden.

Persönliche Motivation und Austausch in und außerhalb des Fellowship-Programms

Ich habe seit jeher ein hohes persönliches Interesse an der Erweiterung der digitalen Möglichkeiten in Lehre und Forschung und an deren didaktischer Einbettung. Diese Thematik verfolge ich bereits über alle beruflichen Stationen hinweg. Im Zuge meiner Lehrtätigkeit an der Technischen Universität Kaiserslautern habe ich z. B. gemeinsam mit der AG Widera (FB Physik) ein fortschrittliches Student Response System entwickelt. Seit dem Antritt der Professur Bioverfahrenstechnik habe ich sämtliche Lehrinhalte in ILIAS eingebunden. Gruppenorganisation, Übungsbearbeitung, Eingangsprüfungen und Protokolle werden bereits digital bearbeitet. Die Praktika finden papierlos statt. Bestehende Einbindungen der digitalen Angebote in die Lehre wurden oben beschrieben. So sind bereits Konzepte des Blended Learnings mit Podcasts, insbesondere im Bereich der Rechenübungen in den Veranstaltungen Verfahrens- und Prozesstechnik, vorhanden. Durch z.B. den Einsatz des ILIAS Voting-Systems werden am Ende von Themenbereichen in den Vorlesungen der Wissenstand durch anonyme Umfragen geprüft und in Echtzeit ausgewertet. Aspekte, die nicht vollständig vermittelt werden konnten, werden so unmittelbar diskutiert und noch einmal vertieft. Auch die digitale Datenerfassung und Modellierung von Versuchen hat bereits Einzug in die Lehre gefunden, beschränkt sich derzeit allerdings auf experimentelle fortgeschrittene Praktika und Abschlussarbeiten der Studierenden. An der FH Aachen habe ich eine „Innovative Lehre“-Auszeichnung für mein didaktisches Konzept zur Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung des Praktikums im Rahmen des Qualitätspakt Lehre-Projekts an der FH Aachen erhalten. Ich stehe im engen Austausch mit der ZHQ und dem E-Learning Service der FH Aachen, welche mich bei der Umsetzung des Projektes didaktisch und technisch unterstützen. Im Kreis der Lehrenden der FH Aachen bin ich neben der Einbindung in den Fachbereich im Austausch zu Lehre mit Lehrenden aus anderen Disziplinen, u. a. im FH-eigenen „Netzwerk Mediales Lernen“ und auf Veranstaltungen des Programms „Innovative Lehre“.

Durch das Fellowship eröffnen sich neue Möglichkeiten, die oben ausgeführten Ideen und Konzepte zu realisieren und erproben. Die geschilderten Konzepte des Transfers der Methodik zeigen auf, dass fachübergreifende Konzepte schnell zu identifizieren und realisieren sind. Ich habe die Erwartung, dass die Perspektiven anderer Fachrichtungen dabei auch auf den eigenen Bereich abfärben und neue Anwendungsideen für die virtuelle und augmentierte Lehre aufzeigen. Neben den zu erhoffenden neuen Anstößen der Fellows sehe ich eine frühe Vernetzung in der Einstiegsphase als Neuberufener als besonderen Gewinn. Über die Diskussion neuer Ansätze hinaus erhoffe ich mir kommende Kooperationen mit Lehrenden im Bereich der digitalen Lehre. Dies bietet eine Grundlage für den Transfer der Innovation in zukünftige kooperative Drittmittelvorhaben.

Spezifisch auf den Projektinhalt bezogen resultieren besondere Vorteile des Fellowships bzw. der sich daraus ergebenden Kontakte:

- Szenarien für die virtuellen Führungen von Produktionsabläufen sind schwer zu finden. Die Unternehmen sind bei Bildaufnahmen in einigen Fällen restriktiv. Kontakte in dieser Richtung wären sehr hilfreich, um das Angebot weiter auszubauen.
- Bereits bei den ersten Proben haben Kollegen im Fachbereich (z. B. Prof. Seibler; Biochemie) oder im Fachbereich Architektur an der FH Aachen meine Ideen aufgegriffen. Mit der größeren Plattform des Fellowships hoffe ich, dies zu erweitern.
- Evaluierung, Feedback und Methoden zu den Entwicklungen sehe ich als Herausforderungen, bei denen ich mich über weitere Ideen und Feedback freue.

Anhang: Abbildungen und Literatur

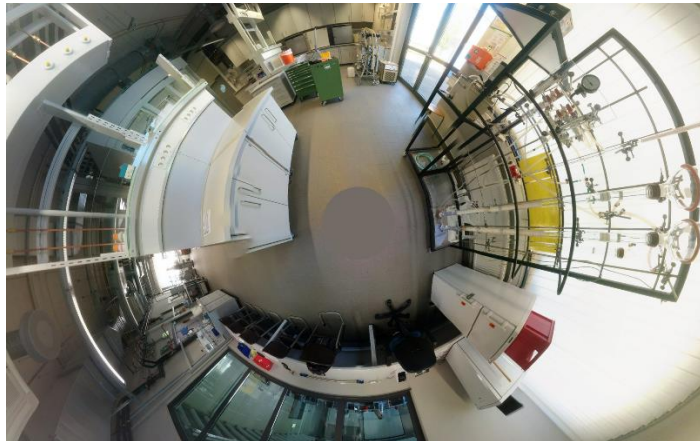


Abb. 1: Sphärische Ansicht einer Panoramaaufnahme eines Praktikumsversuchs. Mit einer Cardboard-Brille ist diese als Rundumsicht erlebbar.

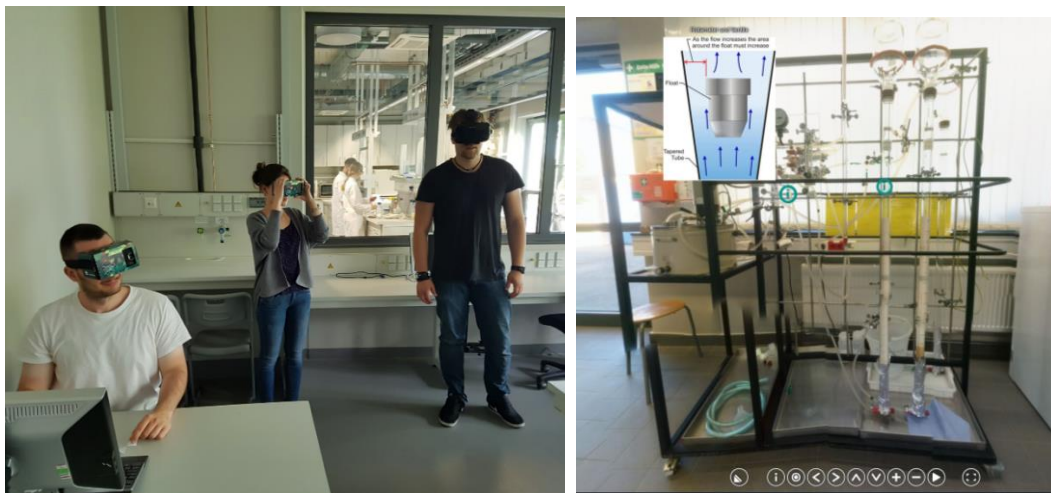


Abb. 2: Probeinsatz von Smartphone-Brillen zur Praktikumsvorbereitung (links). Ein Versuchsaufbau mit ergänzender Information zum Prinzip eines Strömungsmessers (rechts)

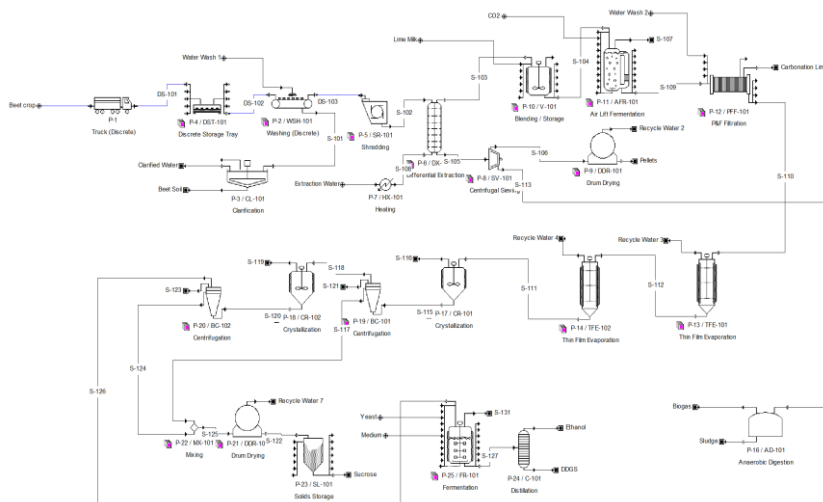


Abb. 3: Beispiel eines ökonomischen Prozessmodells als Nachbereitung von Praktika. Die Studierenden geben ihre experimentellen Ergebnisse ein und erhalten eine Rückmeldung zur Auswirkung auf den Prozess und die Wirtschaftlichkeit.

Anhang: Literaturquellen

- Daubenfeld, T. (2012): E-Learning als integraler Bestandteil von Laborpraktika. In: Nachrichten aus der Chemie 60 (9), S. 884-886.
- Glessmer, M.; Knutzen, S. & P. Salden (2016): Die Spannung steigern. Laborpraktika diaktisch gestalten. 2. Auflage. Abrufbar unter: <https://tubdok.tub.tuhh.de/handle/11420/1280>
- Haug, A.: Labordidaktik in der Ingenieurausbildung, Berlin: VDE-Verlag GmbH 1980.
- Kusurkar, R. A., Croiset, G., & Ten Cate, O. T. J. (2011). Twelve tips to stimulate intrinsic motivation in students through autonomy-supportive classroom teaching derived from self-determination theory. *Medical Teacher*, 33(12), 978–982. doi:10.3109/0142159X.2011.599896.
- Schneider M., Mustafic M. (2015). Gute Hochschullehre: Eine evidenzbasierte Orientierungshilfe. Springer, Berlin, Heidelberg
- Tekkaya, A. E.; Wilkesmann, U.; Terkowsky, C.; Pleul, C.; Radtke, M. & F. Maevus (2016): Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung. Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab. *acatech Studien* September 2016. Abrufbar unter <http://www.acatech.de/de/publikationen/publikationssuche/detail/artikel/das-labor-in-der-ingenieurwissenschaftlichen-ausbildung-zukunftsorientierte-ansaetze-aus-dem-projekt/print.html?type=98&cHash=cf3b861d53aa61ac8e2e238c51a3545b>

