



Förderung von Selbst- und Methodenkompetenz im digitalen Biomechanikpraktikum

B. Kruppke*

Professur Biomaterialien, Institut für Werkstoffwissenschaft, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Mit der Anpassung der Hochschullehre an den digitalen Raum wurden verschiedene Konzepte für Vorlesungs- und Seminarformate entwickelt, umgesetzt und evaluiert. Besondere Aufmerksamkeit wird deshalb nun Formaten gewidmet, deren Fokus auf praktische Lernerfahrungen gerichtet ist. Es ergibt sich ein Widerspruch aus dem Vorhaben Praktikumsveranstaltungen in den digitalen Raum zu verlegen, was im Folgenden durch die Erläuterung bisheriger Praktika in der Professur für Biomaterialien der Technischen Universität Dresden verdeutlicht wird.

Aufbauend auf dieser Betrachtung wurde eine Lernwerkstatt zum Thema „Biomechanik im Alltag“ unter Berücksichtigung der Limitationen und Möglichkeiten des digitalen Raumes entwickelt. Das Ziel der digitalen Lernwerkstatt ist eine kompetenzorientierte praktische Lernerfahrung zum Erwerb von Selbst- und Methodenkompetenz, im Vergleich zur Fachkompetenzgetriebenen Präsenzlehre. Die Lernwerkstatt wurde im Modul Werkstoffwissenschaft (2. Semester) als synchron-digitales Praktikum mit asynchronen Aktivitätsphasen durchgeführt. Zunächst wird die an Projektmanagementansätze angelehnte Durchführung der Lernwerkstatt erläutert. Daraus ergab sich eine individuell vollzogene Projektbearbeitung durch die Studierenden. Die abschließenden Erkenntnisse aus der Betreuung des Lehrformates führen zum Ausblick auf eine Lehrveranstaltung, die die Elemente des Projektmanagements mit den Fachinhalten verknüpft.

With the adaptation of university teaching to the digital space, various concepts for lecture and seminar formats have been developed, implemented and evaluated. Special attention is therefore now being paid to formats whose focus is on practical learning experiences. A contradiction arises from the plan to move internship events into the digital space, which will be clarified in the following by explaining previous internships in the Chair of Biomaterials at TU Dresden.

Based on this consideration, a learning workshop on the topic of "Biomechanics in everyday life" was developed, taking into account the limitations and possibilities of the digital space. The goal of the digital learning workshop is a competence-oriented practical learning experience for the acquisition of self- and methodological competence, in comparison to subject competence-driven classroom teaching. The learning workshop was implemented in the Materials Science module (2nd semester) as a synchronous digital practical course with asynchronous activity phases. First, the implementation of the learning workshop based on project management approaches is explained. This resulted in an individually completed project processing by the students. The final findings from the supervision of the teaching format lead to the outlook for a course that links the elements of project management with the subject content.

*Corresponding author: benjamin.kruppke@tu-dresden.de

1. Einleitung

Vorlesungen und Seminare mit Onlinetools, im Hybridformat, durch synchrone Webmeetings oder asynchrone Arbeitsaufträge, mit Inverted Classroom [1–3], kommentierten PowerPoint-Folien, Skripten oder Audiodateien – all dies gehört heute zum Stand der Technik in der Hochschullehre.

Die Transformation der praktischen Lernerfahrung lässt sich dabei deutlich schwerer vollziehen, sind doch einzelne digitale Praktika sehr stark an die jeweiligen Fachbereiche geknüpft. So sind Lab@Home-Ansätze mit individualisierten Kursen im Computerlabor vor allem für Programmieraufgaben, CAD-Kurse oder Modellierungen umsetzbar [4]. Praktische Versuche im Hochschulkontext erfordern hingegen häufig komplizierte Apparaturen oder teure Messgeräte. Diese können beispielsweise durch mobile Ingenieurkoffer bereitgestellt werden [5], wobei auch hier schnell Grenzen der Versuchsdurchführung und Studierendenzahlen erreicht werden.

Einen niederschweligen Ansatz stellen Experimente dar, die mit den verfügbaren Komponenten von Studierenden zu Hause selbst durchgeführt werden können. Hierbei zeigte sich, dass die Studierenden die Möglichkeit, über mehrere Wochen mit den Experimenten zu arbeiten, umfangreiche Versuchsreihen durchzuführen und so ein tiefes Verständnis für die inhaltlichen Aspekte zu erlangen [6]. Die intensive Auseinandersetzung mit der Methode selbst und die Stärkung der individuellen Lernerfahrung kann somit die digitalen und Distanzunterrichtseinschränkungen kompensieren. Zudem können vergleichende Betrachtungen der Ergebnisse einzelner Studierender eine weitere Dimension der fachlichen Beurteilung liefern [6].

Die Entwicklung der Lernwerkstatt zum Thema „Biomechanik im Alltag“ berücksichtigt die Limitationen und Möglichkeiten des digitalen Raumes, wobei die digitalen Kommunikationsmittel zur Koordination und zum Abgleich der einzelnen Versuchsergebnisse der Studierenden genutzt werden. Grundsätzlich erfolgt die Durchführung der Lernwerkstatt in Anlehnung an Leitlinien des agilen Projektmanagements [7–9]. Dies spiegelt sich vor allem in den Itera-

tionsschritten der Durchführung und den definierten Zeitvorgaben der Bearbeitung wieder. Die unterschiedlichen Voraussetzungen im Selbststudium sind ebenfalls Gegenstand der studentisch koordinierten Planung der Lernwerkstatt, wobei das Vorhandensein eines Mobiltelefons oder eines ähnlichen portablen Gerätes mit Beschleunigungs- und Lagesensoren vorausgesetzt wird. Die Lernwerkstatt wurde im Rahmen des Moduls Werkstoffwissenschaft (2. Semester) als synchron-digitales Praktikum mit asynchronen Aktivitätsphasen entworfen und durchgeführt. Hierbei bedeutet synchrone Lehre, dass die Lehrperson und die Studierenden gleichzeitig in einem definierten Zeitfenster an einer Lehrveranstaltung teilnehmen, während unter asynchroner Lehre die orts- und zeitunabhängige Beschäftigung der Studierenden mit bereitgestellten Lehrinhalten verstanden wird. Zukünftig ist eine Übertragung dieses Formats auf das Modul Biomechanik (8. Semester) angestrebt.

Zur besseren Einordnung der fachspezifischen Anforderungen an Praktika, Laborversuche und Experimentalvorlesungen wird zunächst der Ablauf klassischer praxisbezogener Lehrveranstaltungen im Bereich der Biomechanik bzw. der Biomaterialien erläutert. Daraus ergibt sich die Planung des digitalen Biomechanikpraktikums in Form einer Lernwerkstatt mit einer Verschiebung des primären Fokus von der Vermittlung von Fachkompetenz hin zur Entwicklung von Selbst- und Methodenkompetenzen.

2. Praktikum im Präsenzstudium

Im Rahmen des Praktikums werden zwei Lehrformate, das klassische Laborpraktikum mit vorgegebenem Ablauf und die freier gestaltbare Lernwerkstatt in der Professur für Biomaterialien durchgeführt. Beim Laborpraktikum steht der Erwerb von Fach- und Methodenkompetenz im Mittelpunkt. Hierzu besteht meist eine sehr konkrete Aufgabenstellung, die eng mit den Vorlesungsinhalten verknüpft ist. Die Praktikumsdurchführung setzt das Fachwissen der Studierenden voraus, um die Problemstellungen eigenständig und sachlich angemessen zu bearbeiten und das Ergebnis zu beurteilen (Fachkompetenz nach [10]).

Hierzu sind Fähigkeit und Bereitschaft der Studierenden zur Anwendung bestimmter Arbeitsmethoden notwendig (Methodenkompetenz, [10]).

Somit konzentrierten sich klassische Laborpraktika zum Thema Biomechanik beispielsweise auf die Analyse der Materialeigenschaften biologischer Materialien, um daraus auf die mechanischen Werkstückeigenschaften z.B. am Beispiel des Knochens zu schließen. So wurde entsprechend eines Bottom-up Ansatzes, also ausgehend von mikroskopischen Dimensionen und molekularen Eigenschaften auf die makroskopischen Verbundwerkstoffeigenschaften zu schließen, die Fibrillogenese von Kollagen als Grundbestandteil des Knochens mittels UV/Vis-Spektroskopie und Rasterkraftmikroskopie analysiert und darauf aufbauend die Knochenremodellierung durch Degradations- und Zellversuche verdeutlicht. Dem liegen die fachorientierten und methodischen Lernziele zugrunde, dass die Studierenden in der Lage sind einfache Labortätigkeiten und Messungen durchzuführen. Zudem können sie Zusammenhänge zwischen Knochenkomponenten und deren Bildungsbedingungen und den Abbauprozessen erläutern. Durch die konkrete Aufgabenstellung und den straffen Zeitplan des Praktikums werden die Studierenden in der Regel nicht zum beisteuern der eigenen Kreativität oder Lösungsansätze angeregt.

Das Konzept der Lernwerkstätten als praktisches Lehrformat rückt das eigenständige forschende Lernen der Studierenden in den Fokus. Als fachbezogenes Lernziel sollen die Studierenden hierbei in die Lage versetzt werden, ein Konzept zur Analyse oder zur Nachbildung eines biologischen Vorbildes zu entwickeln. Dazu ist es notwendig, dass sie sich selbstständig als Gruppe über eine Strategie einigen und abschließend gemeinsam einen Vortrag erstellen und präsentieren. Die Studierenden lernen im fachlichen Kontext die Kommunikation in der Gruppe, also das verständliche ausdrücken ihrer Ideen und das aktive Zuhören sowohl bei Kritik als auch bei weiterführenden Ideen. Die gemeinsame Aufgabenplanung und sich dabei gegebenenfalls selbst zurückzunehmen sind ebenfalls als Sozialkompetenzlernziel für eine konstruktive Zusammenarbeit zu erlernen.

Zumeist dient eine vage formulierte Aufgabe oder Fragestellung als Anreiz, die Kreativität und Neugier der Lernenden zu aktivieren. Unter Bereitstellung eines umfangreichen Material- und Methodenspektrums sowie eines Raumes bzw. einer Plattform zum Austausch zwischen den Lernenden wird zunächst ein Arbeitsplan entwickelt [11]. Die Studierenden sind dabei auf sich allein gestellt. Der bzw. die Lehrende steht als Dialogpartner und Lernbegleiter zur Verfügung, ohne unmittelbar in die studentischen Aktivitäten einzugreifen [11].

Das etablierte Vorgehen basiert – dem theoretischen Konzept entsprechend – auf der unmittelbaren Auseinandersetzung der Studierenden mit einem Impulsobjekt (z.B. einem Krabbenpanzer oder Hühnerknochen) oder einer Frage (z.B. Was macht den Knochen so belastbar?). Das verfügbare Methodenspektrum wird durch eine Laborführung (im Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien, Institut für Werkstoffwissenschaft) zugänglich gemacht.

Unter Verzicht auf eine strikte fachspezifische Anleitung, verschiebt sich im Konzept der Lernwerkstätten der Fokus des Kompetenzerwerbs stärker zur Selbst- und Sozialkompetenz. Dadurch wird natürlich auch die Agilität und das Improvisationstalent der Lehrenden stärker gefordert. Die selbstständig errungene Fach- und Methodenkompetenz der Studierenden lässt sich damit aber, wenn auch gegebenenfalls auf einem etwas geringeren Niveau, besonders intensivieren.

3. Praktikum im digitalen Raum

Wie die Erläuterungen zum Präsenzpraktikum und insbesondere der Lernwerkstätten erkennen lassen, ist die Übertragung der Lernziele und des Kompetenzerwerbs durch ein Praktikum im digitalen Raum besonders erschwert.

Verschiedene durchgeführte digitale Lehrformate mit Praxisbezug verfolgten primär die Vermittlung der Fachkompetenzen. Hierzu wurden Experimente als Videos aufgezeichnet und den Studierenden bereitgestellt (Abb. 1a). Weiterhin wurden Experimentalvorlesungen als synchrone Veranstaltungen mit web-basierten Interaktionsmöglichkeiten (Chat, geteiltes Whiteboard, Abstimmungen) von Studierenden und Lehrenden durchgeführt (Abb. 1b)

[12]. Weiterhin wurden den Studierenden, einem klassischen Praktikumsablauf folgend, Vorbereitungsaufgaben als pdf-Skript zur Verfügung gestellt. Die Verlagerung in den digitalen Raum führte dazu, dass asynchrone „Präsentations“praktika erstellt wurden. Hier sind die Durchführung und Ergebnisse in Form von Präsentationsfolien aufbereitet, die durch

kurze Videosequenzen ergänzt sind (Abb. 1c). Ziel ist es die Versuchsdurchführung und Messwertgewinnung möglichst nachvollziehbar zu gestalten, damit die Auswertung der bereitgestellten Daten durch die Studierenden in einem abschließenden Praktikumsprotokoll erfolgen kann.



Abb. 1: a) Foto von einer Videoaufzeichnung aus dem Zellkulturlabor, b) Videostandbild aus einer Experimentalvorlesung, c) Versuchsergebnisse als Präsentationsfolien (Fotos und Zeitraffervideo) zur Auswertung durch Studierende.

Im Ergebnis zeichnet sich jedoch ab, dass die praktische Lernerfahrung nicht durch das hohe Engagement bei der Videoerstellung und Experimentvorführung kompensiert werden kann. Dies bestätigt das studentische Feedback mit Zitaten, wie "Praktikum lieber vor Ort" und „zu viel zu lesen“ zum bereitgestellten Begleitmaterial. Es scheint der Anreiz für die langwierige Praktikumsvorbereitung mit ausführlichen Skripten zu sinken, wenn diese anschließend als Video oder Ergebnispräsentation verfügbar und auch schneller bis zum Ende abzuspielen sind. Auch die Einarbeitung von Studierenden im Rahmen von Qualifizierungsarbeiten ist ohne praktische Erfahrungen im Labor mit höherem Aufwand verbunden, woraus sich in der Professur für Biomaterialien eine nachdrückliche Forderung nach mehr Praktika ergeben hat.

4. Agiles Projektmanagement in Hochschulpraktika

In Anlehnung an das agile Projektmanagement werden die Studierenden als Team mit einem Problem konfrontiert, das durch mehrere Szenarien umrissen wird. So können sie selbst entscheiden, welche Teilaspekte Sie bearbeiten möchten, wie sie die Lösung gestalten und

welche Mittel dafür notwendig und realisierbar sind. Der bzw. die Lehrende ist ausschließlich für die Unterstützung der Gruppenorganisation (Bereitstellung einer Kommunikationsplattform, Datenaustausch), für die Vermittlung von gegebenenfalls geplanten Untersuchungen sowie in Konfliktsituationen zwischen den Gruppenmitgliedern zuständig.

Die Organisation der Gruppe, wie eine Aufteilung in kleinere Expertengruppen, die sich zum Beispiel mit theoretischen Grundlagen, der technischen Umsetzung und dem Zusammenführen der einzelnen Erkenntnisse beschäftigen, obliegt der Gruppe selbst, wozu ein Gruppenleitungspositionen durch die Gruppenmitglieder zu bestimmen ist.

Die Projektbearbeitung findet in festgelegten Zeitintervallen statt, wobei stets zu Beginn ein Arbeitsplan für das aktuelle Intervall erstellt wird, das möglichst schnell ein präsentierbares Ergebnis liefert. Durch die gemeinsame Vorstellung des Ergebnisses vor dem Lehrenden erhalten die Studierenden rasch eine Rückmeldung zu den noch umzusetzenden oder sich neu ergebenden Anforderungen. Diese werden in den Arbeitsplan für das nächste Intervall (entsprechend der Priorisierung durch die Studierenden) aufgenommen und umgesetzt.

Mithilfe dieses Konzeptes erhalten die Studierenden eine höhere Verantwortung und einen größeren Freiraum, womit kreative und flexible Problemlösungen angeregt werden.

Erst nach der Durchführung zeichnete sich ab, dass das agile Projektmanagement als Lernziel angesehen werden kann, damit die Studierenden für die spätere Arbeit bereits mit agilen Methoden, den darin vorgesehenen personellen Rollen, Artefakten und Events vertraut sind und diese später auf andere Fachbereiche übertragen können.

5. Die digitale Lernwerkstatt

Für die digitale Lernwerkstatt wurde das Konzept wie folgt angewandt. Es bestand das vorrangige Ziel, das Praktikum als individuelle Lernerfahrung umzugestalten, sodass die studentische Selbstverantwortung und die Nutzung allgemein verfügbarer Mittel und Methoden in Bezug auf die Materialwissenschaft (im Speziellen: Biomechanik) im Mittelpunkt stehen. Dies wurde von den Studierenden umgesetzt, indem sie sich entschieden Bewegungsabläufe alltäglicher Tätigkeiten mittels der Sensoren in Mobiltelefonen aufzuzeichnen.

Dabei sollte individuelles Arbeiten möglich sein, sodass das Gruppenergebnis nur durch ein digitales Zusammenführen der Einzelergebnisse erfolgt. Die Studierenden sollen allein und gleichwertig zur Praktikumsteilnahme befähigt sein.

Ein terminiert bereitgestellter digitaler Lernraum (z.B. BigBlueButton, Zoom) dient den Studierenden zum Austausch innerhalb der Gruppe, zur Konzeption von Versuchen und zur Ergebnisbesprechung, während der Lehrende hier nur beratend zur Verfügung steht.

Ablauf

Im Rahmen der Auftaktveranstaltung erfolgt eine kurze Erläuterung des Lernwerkstattkonzeptes und die Themenbeschreibung (Biomechanik). Die Komplexität der Erfassung biomechanischer Kennwerte wird durch den Lehrenden erläutert und auf die verschiedenen Aspekte: vom Zellaufbau, über die Biomaterialkomponenten bis hin zur Sportbiomechanik verwiesen.

Im Folgenden erarbeiten die Studierenden ih-

ren Versuchsplan für die Erfassung biomechanischer Abläufe im Alltag sowie den Arbeitsplan für das erste Intervall. Synchroner Konsultationen (alle 2 Wochen) dienen zur Abstimmung der individuellen Versuche und Besprechung der Messergebnisse. Daraus werden in den nachfolgenden Intervallen weitere Methoden(vorschriften) erarbeitet, um die Einzelergebnisse zu harmonisieren und vergleichbar zu erfassen. Zum Abschluss erfolgt als Gruppenergebnis die Auswertung der individuellen Ergebnisse unter Übertragung der kinematischen Messwerte auf die dynamische Belastungssituation des Körpers als Präsentation.

Ergebnisse

Da sich die Biomechanik im vorliegenden Fall mit dem menschlichen Bewegungsapparat beschäftigt, musste zunächst ein Weg zu dessen Charakterisierung gefunden werden. Die Studierenden wählten hierfür Mobiltelefone als allgemein verfügbares Messgerät. Die Bewegungssensoren wurden mit der App phyphox® (verfügbar für Android und Apple [13]) aufgezeichnet und ausgelesen [14].

Auf einem digitalen Whiteboard wurden verschiedene potentielle Bewegungsabläufe von den Studierenden notiert und eine Auswahl getroffen. Diese Auswahl wurde nach einer ersten Prüfung der Messwernerfassung und geeigneter Randbedingungen (Bewegungsabläufe, Mobiltelefonpositionierung) im zweiten Intervall konkretisiert. Zudem wurden die möglichen charakteristischen Parameter zu deren Aufzeichnung sowie die Aufzeichnungsrandbedingungen (Anzahl von Bewegungswiederholungen, Gewichte, Pausen) zusammengetragen (Abb. 2).

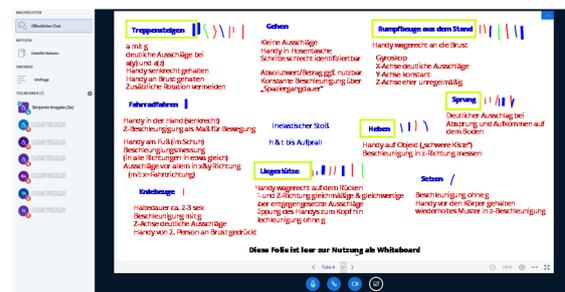


Abb. 2: Geteiltes Whiteboard: Parameter und Abstimmung (senkrechte Striche) für die aufzuzeichnenden Bewegungsabläufe (Treppensteigen, Rumpflage, Sprung, Heben, Liegestütze).

Im zweiten Intervall wurde zudem eine Plattform (Google Sheets) zur gemeinsamen Datenvisualisierung und -auswertung ausgewählt. Eine Teilgruppe der Studierenden übernahm die Normierung und das gestaffelte Auftragen der Daten aller Mitglieder.

Im dritten Intervall wurden die Bewegungsabläufe von allen Studierenden in 8-facher Wiederholung mit der phyphox-Funktion „Beschleunigung ohne g“ aufgezeichnet. Nach einem ersten Datenvergleich wurden die individuellen Bewegungsdaten anhand charakteristischer Maxima oder Minima der ersten und letzten Wiederholungseinheiten auf die jeweilige Gesamtdauer normiert (Abb. 3).

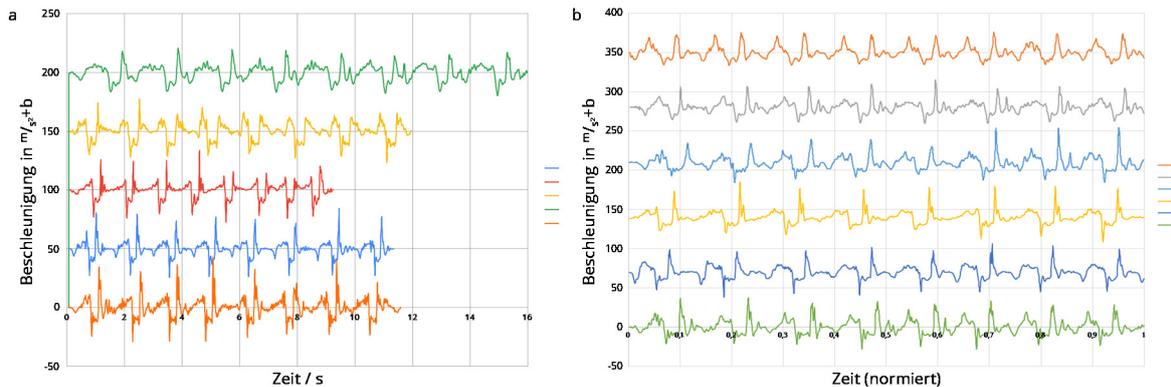


Abb. 3: Sprung-Beschleunigungsdaten der Studierenden (je 8 Wiederholungen): a) Rohdaten, b) normiert auf jeweilige Gesamtdauer.

Eine besondere Herausforderung stellte der Vergleich der individuellen Daten dar, da bereits geringe Abweichungen vom Protokoll zu unterschiedlichen charakteristischen Beschleunigungsmustern einzelner Bewegungen führte. Somit legten die Studierenden im letzten Intervall einen abschließenden Präsenztermin im Freien fest, der unter Einhaltung der Corona-Schutzmaßnahmen erfolgte. Hier wurden die vereinbarten Abläufe durch alle Studierenden gleichzeitig und unter kontrollierten Bedingungen aufgezeichnet. Es zeigte sich der Mehrwert der Gruppenaktivität anhand der deutlich gleichförmigeren Bewegungskurven. Es ist darauf hinzuweisen, dass auch ein rein digitaler Ansatz zur Durchführung des Praktikums zu einem aussagekräftigen Ergebnis bezüglich der biomechanischen Bewegungsabläufe im Alltag geführt hätte.

Über die fachliche Komponente hinaus, die der Präsenztermin beinhaltete, konnten die Studierenden ihre durch die zuvor eigenständig durchgeführten Messungen erworbene Selbstkompetenz unter Beweis stellen. So wiesen sie sich gegenseitig auf Verbesserungsmöglichkeiten der Bewegungsabläufe hin, wählten die Durchführungsorte und Hilfsmittel eigenständig und koordinierten die Taktgebung. Den

technischen Umgang mit der mobiltelefonbasierten Messwerterfassung beherrschten alle Studierenden problemlos. Auch die Auswertung und Diskussion der Ergebnisse, sowie deren Präsentation als Gruppe erfolgten in Anbetracht des frühen Studiensemesters mit einem äußerst hohen Standard.

Im Rahmen weiterer Praktikumsgruppen soll ein stärkerer Fokus auf die abschließende Übertragung der Messwerte auf die Belastungssituation des Körpers gelegt werden. Hier ergab der rasche Übergang von der Festlegung der Bewegungsabläufe zum Messverfahren eine Vernachlässigung der späteren Aussagekraft und der Einbeziehung weiterer möglicher Messwerte oder Methoden. So entschieden sich die Studierenden die Analysen des Treppensteigens sowie der Rumpfbeugen wegen der begrenzten Aussagekraft nicht weiter auszuwerten.

Die Umsetzung der agilen Projektdurchführung führte zu einem hohen Engagement der Studierenden. Dies zeigte sich in der kreativen und zeitaufwendigen Testphase der Messwerterfassung verschiedener Bewegungsabläufe. Alle Studierenden führten außerhalb der onlinetreffen die Messungen ihrer Bewegungsabläufe durch und fügten die Daten eigenständig

in die gemeinsame Tabelle ein. Durch die agile, also schrittweise Umsetzung erfolgte dies mehrfach unter veränderten Randbedingungen (Vorgaben, die sich die Studierenden für ihre Messungen gaben). Stets waren die Messdaten aller Studierenden für alle Bewegungsabläufe entsprechend der Zeitvorgaben eingefügt und ausgewertet. Auch in späteren Projektintervallen wurde mit großem Aufwand die Vergleichbarkeit der individuellen Ergebnisse verbessert.

Die im Rahmen des digitalen Praktikums gewonnenen Erkenntnisse dienen nun als Grundlage für die Neugestaltung verschiedener Module. Diese werden noch strenger an die Vorgaben des agilen Projektmanagements angelegt. Hierbei ist zwar eine Präsenz- bzw. Hybriddurchführung vorgesehen, doch die Erfahrungen ermöglichen ein unmittelbares ausweichen auf den digitalen Raum, falls dies notwendig ist. Für die neuen Module werden die nun umfangreich vorliegenden digitalen Vorlesungsaufzeichnungen im Sinne des Inverted Classrooms zur Verfügung gestellt, um eine Projektaufgabe iterativ und kreativ zu bearbeiten. Die Grundlagenkenntnisse werden somit unmittelbar angewendet und die Bedeutung dieser Kenntnisse für die Studierenden im Projekt erlebbar.

6. „Lesson learned“

- Videos und Experimentalvorlesungen können praktische Lernerfahrung nicht ersetzen (eingeschränkte Methoden)
- Individuell durchführbare Praktika mit Mobiltelefon als Messgerät sind vergleichsweise leicht (mit hoher Akzeptanz) umsetzbar
- Studierende erlangen in Lernwerkstätten hohe Selbstkompetenz, die sich in aktiver Beteiligung widerspiegelt
- Digitale Lehrkonzepte lassen sich leichter auf Präsenzveranstaltungen (ggf. mit PCs) umstellen
- Agile iterative Projektbearbeitung fördert Einsatz und kreative Lösungsansätze

Danksagung

Im Rahmen der Lehrveranstaltungsplanung danke ich Herrn Professor Dr. Hans-Peter

Wiesmann, Herrn Dr. Thomas Hanke, Frau Dr. Ute Bergmann, Frau Dr. Sabine Apelt und Frau Dr. Christiane Heinemann für die kollegiale Unterstützung und den regen Austausch.

Literatur

- [1] B. Kruppke, Der Mix macht's – Asynchron, synchron, inverted ... von der Folienvertonung bis zum Experiment, *Lessons Learn.* 1 (2021) 1–12. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.2>.
- [2] N.T.T. Thai, B. De Wever, M. Valcke, The impact of a flipped classroom design on learning performance in higher education: Looking for the best “blend” of lectures and guiding questions with feedback, *Comput. Educ.* 107 (2017) 113–126. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.003>.
- [3] A. Roehl, S.L. Reddy, G.J. Shannon, The Flipped Classroom: An Opportunity To Engage Millennial Students Through Active Learning Strategies, *J. Fam. Consum. Sci.* 105 (2013) 44–49. <https://doi.org/10.14307/jfcs105.2.12>.
- [4] J.-O. Joswig, F.M. Arnold, Lab@Home: Individualisierte Computerpraktika, *Lessons Learn.* 1 (2021) 1–8. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.26>.
- [5] M. Beitel Schmidt, Z. Wang, Ingenieurkoffer für Experimentalpraktika@home, *Lessons Learn.* 1 (2021) 1–8. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.16>.
- [6] S. Odenbach, J. Morich, L. Selzer, Praktikum ohne Präsenz - geht das?, *Lessons Learn.* 1 (2021). <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.6>.
- [7] A. Jurado-Navas, R. Munoz-Luna, Scrum Methodology in Higher Education: Innovation in Teaching, Learning and Assessment, *Int. J. High. Educ.* 6 (2017) 1. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v6n6p1>.
- [8] M. Persson, I. Kruzela, K. Allder, O. Johansson, P. Johansson, On the use of scrum in project driven higher education, *Proc.* (2011). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.217.9885&rep=rep1&type=pdf>.
- [9] M. Muller-Amthor, G. Hagel, M. Gensheimer, F. Huber, Scrum higher education - The scrum master supports as solution-focused coach, *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON.* 2020-April (2020) 948–952. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125304>.
- [10] M. Cursio, D. Jahn, Leitfaden zur Formulierung kompetenzorientierter Lernziele auf Modulebene, https://www.med.fau.de/files/2015/09/31072014_leitfaeden_fbzhl_1_2013_lernziele.pdf, Erlangen, Nürnberg, 2013.
- [11] Verbundes europäischer Lernwerkstätten (VeLW) e.V., Qualitätsmerkmale von Lernwerkstätten und Lernwerkstattarbeit, <https://www.forschendeslernen.net/files/eightytwenty/materialien/VeLW-Broschuere.pdf>, Deutschland, 2009. <http://www.forschendeslernen.net/files/eightytwenty/materialien/VeLW-Broschuere.pdf>.
- [12] B. Kruppke, Digital Experiments in Higher Education—A “How to” and “How It Went” for an Interactive Experiment Lecture on Dental Materials,

- Educ. Sci. 11 (2021) 190.
<https://doi.org/10.3390/educsci11040190>.
- [13] Phyphox®, RWTH Aachen Univ. (n.d.).
<https://phyphox.org/>.
- [14] S. Staacks, S. Hütz, H. Heinke, C. Stampfer, Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox, Phys. Educ. 53 (2018) 045009.
<https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>.