



Das Kompetenzatelier als agiles Lehrformat – Biomechanik-Projektarbeit bis zum Prototyp

B. Kruppke^{1*}, S. Apelt¹, C. E. Hartwig², A. Koch², J. Mai²,
A. L. Schumann², T. J. Ulbricht², M. Ullmann², H.-P. Wiesmann¹

¹ Professur Biomaterialien, Institut für Werkstoffwissenschaft, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

² Studierende des Moduls Kompetenzatelier: Biomechanik agil mit Scrum in alphabetischer Reihenfolge

Abstract

Um den Campus im Zeitalter von digitalen und hybriden Lehrveranstaltungen wieder attraktiv zu machen, wird ein agiles Lehrformat vorgestellt, das die kooperative Problembewältigung durch projektbasiertes Lernen und agiles Projektmanagement ins Zentrum stellt. Hierzu werden zunächst allgemein die Elemente agilen Projektmanagements vorgestellt und anschließend die Übertragung auf den Lehrkontext erläutert. Zur weiteren Verdeutlichung des Ablaufs und des Zusammenspiels der Gruppenmitglieder wird am konkreten Beispiel des Moduls *Kompetenzatelier: Biomechanik agil mit Scrum* die Durchführung beschrieben und das schrittweise Erstellen eines Demonstrators durch die Studierenden gezeigt. Abschließend wird die Evaluation des Kompetenzateliers zur Identifizierung von allgemeinen Stärken und Schwächen genutzt. Dabei wird besonders auf die agile Reaktion der Studierenden auf geplante und ungeplante „Störelemente“ eingegangen. Das Kompetenzatelier bietet für Lehrende kleiner Studiengänge und Gruppen eine Anregung zur innovativen und kreativen Auseinandersetzung mit einem agilen Projektmanagement und fördert die Selbstmotivation zum Lernen durch eine unmittelbare praktische Anwendung.

To make the campus attractive again in the time of digital and hybrid teaching, an agile teaching format is presented that focuses on cooperative problem solving through project-based learning and agile project management. Therefore, the elements of agile project management are first presented in general and then transferred to the teaching context. For further clarification of the process and to show the cooperation of the group members, the actual example of the module *Competence Atelier: Biomechanics agile with Scrum*, is described including the step-by-step creation of a demonstrator by the students. Finally, the evaluation of the competence atelier is used to identify general strengths and weaknesses. In particular, the agile reaction of the students to planned and unplanned "disruptive elements" will be addressed. The competence atelier offers teachers of small courses and groups a stimulus for innovative and creative engagement with agile project management and supports self-motivated learning through immediate practical application.

*Corresponding author: Benjamin.Kruppke@tu-dresden.de

1. Einleitung

Mit der Etablierung von digitalen und hybriden Lehrveranstaltungen geht die Frage einher, welche Notwendigkeit und welchen Wert die Präsenzlehre besitzt. Die Erfahrungen aus der Zeit der Corona-Pandemie haben deutlich gezeigt, dass die Präsenzlehre nicht nur für das Zusammengehörigkeitsgefühl der Studierende entscheidende Vorteile hat, sondern auch praktische Lehrformate im universitären Kontext einen hohen Stellenwert genießen. Es stellt sich die Frage, wie dieser Mehrwert von Präsenzlehre gegebenenfalls gesteigert und den Studierenden verdeutlicht werden kann.

Dieser Aufgabe widmeten sich die Lehrverantwortlichen der Professur für Biomaterialien der Technischen Universität Dresden, um nicht einfach nach der Distanzlehre im Zuge der Corona-Pandemie dem Weg zurück zu lang tradierten Lehrformaten zu folgen. Im Zentrum steht deshalb vor allem die Weiterführung der neu etablierten digitalen Techniken und Feedbackformate, die Nutzung von aufwendig erstellten Lehrvideos der digitalen und hybriden Semester und die Einbindung dieser Elemente in ein neues Lehrveranstaltungs-konzept.

Im Lehrbetrieb der Professur Biomaterialien wurden während der Corona-Semester viele digitale und hybride Vorlesungs- und Seminarformate und auch Praktikumsveranstaltungen mit digitalen Kommunikationsmitteln und Lab@Home-Ansätzen umgesetzt. Diese (Experimental-)Vorlesungen, Seminare und Praktika fanden als synchrone und asynchrone Online- sowie Hybridveranstaltungen statt [1,2]. Besonders zeigte sich die Bedeutung praktischer Ausbildungselemente und der hohe Stellenwert des gemeinsamen Lernens der Studierenden – unter Begleitung der Lehrenden – im Zuge dieser herausfordernden Zeit.

Um Studierenden wieder die Werte und Wichtigkeit der Präsenzlehre zu verdeutlichen, wurden 3 Lehrveranstaltungen neu konzipiert. Im Mittelpunkt dieser sogenannten „Kompetenzateliers“ steht das gemeinsame Erarbeiten eines Prototyps beziehungsweise eines Demonstrators in Form eines Produktes zur Lösung einer lebens- oder arbeitsnahen Fragestellung. Die jeweilige Fragestellung orientiert sich hierbei an den Fachinhalten, die sich von

der *Biomechanik*, der *Qualitätssicherung und Statistik* bis zu *Nachhaltigen Werkstoffen* erstrecken. Es ist das Ziel das vollständige Spektrum der Methoden-, Fach-, Selbst- und Sozialkompetenz bei den Studierenden zu aktivieren.

Die Entwicklung des *Kompetenzateliers: Biomechanik agil mit Scrum* für Studierende im 8. Semester des Studienganges Werkstoffwissenschaft basierte vor allem auf den Erfahrungen mit der Lernwerkstatt *Biomechanik im Alltag* (2. Semester). Dieses wurde in der Zeit der Corona-Pandemie zu einem synchron-digitalen Praktikum mit asynchronen Aktivitätsphasen weiterentwickelt [3]. Dabei standen die Förderung der Selbst- und Methodenkompetenz im Mittelpunkt.

Im folgenden Kapitel wird zunächst das agile Projektmanagement, wie es z.B. im Bereich der Softwareentwicklung mit dem Scrum-Rahmenwerk etabliert ist, erläutert. Anschließend wird die Übertragung auf ein universitäres Lehrformat beschrieben. Da der Ablauf, die personenbezogenen Rollen und die Lehrelemente (Artefakte) von klassischen Lehrformaten, wie Vorlesung, Seminar und Praktikum abweichen, wird im Folgenden der Begriff Kompetenzatelier verwendet.

Abschließend folgt ein Kapitel zur konkreten Durchführung des Kompetenzateliers am Beispiel: *Biomechanik agil mit Scrum*. Die Evaluation und das studentische Feedback zu diesem Beispiel dienen der Einschätzung des neuen Lehrformats.

2. Agiles Projektmanagement

Das agile Zeit- und Projektmanagement in Anlehnung an Scrum nach Ken Schwaber und Jeff Sutherland folgt einem strengen aber universellen Regelwerk, das längst nicht mehr auf die ursprünglich adressierte Softwareentwicklung beschränkt ist [4]. Agile Methoden sind durch einen iterativen Entwicklungsprozess gekennzeichnet. Statt einen umfangreichen Aufgabenkatalog abzuarbeiten, um ein Produkt zu entwickeln, werden kleine Iterationsstufen in Demonstratoren umgesetzt, um frühzeitig eine Rückmeldung von Teammitgliedern und Auftraggeber:innen einzuholen. Auf sich ändernde Anforderungen kann somit schnell und flexibel – also agil – reagiert werden.

Die Verwendung agiler Projektmanagementmethoden im Rahmen einer Hochschullehrveranstaltung dient der praxisorientierten Vermittlung von Fachinhalten unter Nutzung der weit verbreiteten Arbeitsweisen von Teams und Arbeitsgruppen in vielen Unternehmen [5]. Hervorzuheben sind die drei zentralen Aspekte, die Rollen, die Ereignisse und die Artefakte, denen im Kapitel 3 ihre Entsprechung im Lehrkontext zugeordnet wird.

Allgemein gilt, dass der organisatorische Rahmen von Scrum die Rollen eines Product Owners, eines Scrum Masters und der Developer (Entwickler:innen) für ein Team von max. 10 Personen festlegt. Eine Funktionserläuterung erfolgt im Kapitel 3, welches die Übertragung auf die Lehrveranstaltung beschreibt. Der zeitliche Ablauf eines Projektes nach Scrum ist in sogenannte Sprints unterteilt, die wiederum in eine Sprintplanungssitzung, tägliche Treffen (Daily Scrum), der eigentlichen Arbeitsphase, einem Sprint Review und einer Sprint Retrospektive untergliedert sind. Das Zusammenspiel der Scrum Elemente ist schematische in Abb. 1 zusammengefasst.

Pro Sprint werden einzelne Inkremente oder Prototypen eines fertigen Produktes entwickelt, wobei mit der Zeit die Komplexität des Produktes steigt. Zur Gruppenorganisation und Dokumentation dienen die sogenannten Artefakte. Hierzu gehört der Product Backlog als

priorisierte Liste der zu bearbeitenden Inkremente, um möglichst rasch ein Produkt mit den wichtigsten Anforderungen zu generieren. Der Product Backlog orientiert sich stets am Ziel des gesamten Projektes, also den Wünschen und Anforderungen der Kund:innen oder der späteren Nutzer:innen. Im Sinne einer agilen Projektbearbeitung wird dieser Backlog stets einem Refinement unterzogen und es erfolgen Aufwands- und Risikoabschätzungen für die Priorisierung der einzelnen Inkremente. Für die einzelnen Sprints gibt es jeweils einen Sprint Backlog, ebenfalls eine priorisierte Liste an Aufgaben, die bis zum Erreichen der jeweiligen „Definition of Done“ abgearbeitet werden. Während des Sprints arbeiten die Entwickler:innen (Developer) die einzelnen Arbeitsschritte (Items) ab.

Das bereits erwähnte Produktinkrement stellt eine abgegrenzte (Teil-)Kompetenz oder einzelne Funktionalität des finalen Produkts dar. Diese ist jeweils innerhalb eines Sprints vom Team zu generieren und sollte in seiner Funktionalität testbar sein. Erst dann ist die „Definition of Done“ erfüllt.

Diese zunächst abstrakte Beschreibung der Projektbearbeitung mit Scrum wird im Folgenden auf eine konkrete Lehrveranstaltung übertragen und daraus das verallgemeinerte Lehrformat „Kompetenzatelier“ abgeleitet.

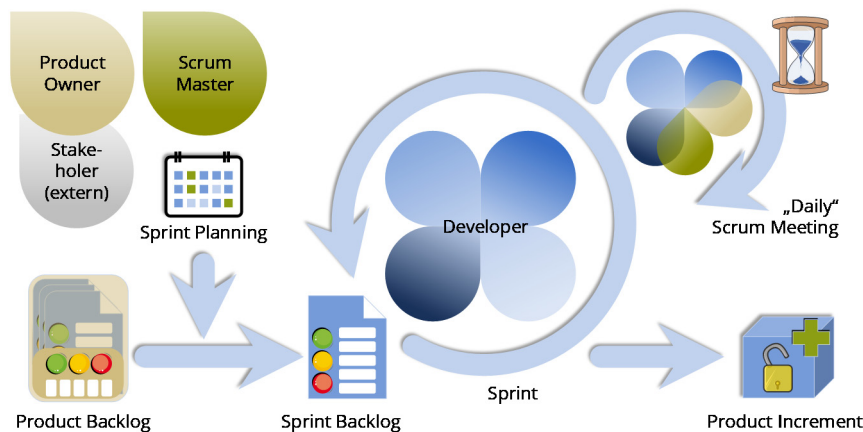


Abb. 1: Schematische Darstellung des Projektmanagement-Arbeitszyklus nach Scrum

3. Agil mit Scrum in der Hochschullehre - Das Kompetenzatelier

Im neuen Lehrveranstaltungsformat der Kompetenzateliers wird die kooperative Problembewältigung und Projektbearbeitung in den

Mittelpunkt gerückt. Um den Studierenden das gemeinsame Arbeiten möglichst effizient zu ermöglichen, werden sie in den Kompetenzateliers zunächst mit dem agilen Projektmanagement (in Anlehnung an Scrum [4], Abb. 1) vertraut gemacht. Durch die unmittelbare

Anwendung der agilen Methode verinnerlichen sie die Rollen (Scrum Master, Product Owner, Entwicklerteam), Ereignisse und Artefakte durch eigenes Erleben.

Das allgemeine Scrum-Regelwerk wurde auf die Randbedingungen der Universitätslehre (Wochenrhythmus, Doppelstunden, Gruppengrößen, Rollenzuordnung, etc.) angepasst (Tab. 1). Das Kompetenzatelier ist mit der hier beschriebenen Planung für Lehrveranstaltung

mit 4 Semesterwochenstunden à 45 min (2 Doppelstunden) und bis zu 12 Studierenden in einem Raum durchführbar. Für bis zu 24 Studierende lässt sich das Kompetenzatelier mit zwei Räumen oder einem Größeren umsetzen. Da die Lehrperson in stellvertretender Funktion des Scrum Masters nicht an den „Daily“ Scrums von zwei Gruppen teilnehmen kann, ist in diesem Fall ein Versatz von ca. 20 min (vor allem im ersten Sprint) ratsam.

Tab. 1: Semesterablauf für eine Lehrveranstaltung mit 4 Semesterwochenstunden à 45 min (2 Doppelstunden) mit farblicher Kennzeichnung der 3 Sprints. Das „Daily“ findet im Gegensatz zum Scrum-Rahmenwerk nicht täglich sondern wöchentlich, jeweils zu Beginn eines Präsenztermins als Präsenz- bzw. Hybridveranstaltung statt.

Woche	Dauer / min	Inhalt des Kompetenzateliers	Lerneinheiten
1	90	Thematische Einführung (im aktuellen Beispiel: Biomechanik)	Digitale Kurzvideos, Übungen, Quizze als 10-30 min selbsterlernende, dauerhaft verfügbar und individuell abrufbar über Videocampus Sachsen bzw. Opal
	90	Einführungsveranstaltung zur Projektmanagementmethode Scrum, (Gruppeneinteilung)	
2	30	Rollenverteilung (in den Gruppen)	
	60	Treffen mit den Stakeholdern bzw. Entwicklungsauftrag, Anforderungsprofil festlegen	
	30	Erstellung des Product Backlogs	
	30+30	Planung Sprint 1 , Erstellung Sprint Backlog; Sprint 1	
3	15+75	„Daily“; Sprint 1	
	90	Sprint 1, Backlog Refinement	
4	15+75	„Daily“; Sprint 1 Review	
	15+75	„Daily“; Sprint 1 Retrospektive und Abgabe 1. Protokollsammlung (bis zum nächsten Termin)	
5	15+75	„Daily“; Planung Sprint 2 , Erstellung Sprint Backlog	
	90	Sprint 2	
6		(vorlesungsfrei)	
7	15+75	„Daily“; Sprint 2	
	90	Sprint 2, Backlog Refinement	
8	15+75	„Daily“; Sprint 2	
	90	Sprint 2, Backlog Refinement	
9		(vorlesungsfrei)	
10	15+75	„Daily“; Sprint 2 Review	
	45	Sprint 2 Retrospektive und Abgabe 2. Protokollsammlung (bis zum nächsten Termin)	
11-14	Σ = 720	Sprint 3 (entsprechend Ablauf VL 5-10) mit Abgabe der 3. Protokollsammlung (bis 1 Woche vor der Prüfung)	
Prüfungszeit		„Daily“; Release: Gruppenprüfungen	

Es ergeben sich die im Folgenden zusammengefassten Beschreibungen der Rollen und Artefakte im Lehrkontext:

Stakeholder (Modulverantwortliche bzw. Lehrperson, ggf. externe Fachleute als Gäste)

- Kund:innen, Auftraggeber:innen, Nutzer:innen oder Patient:innen, die eine Aufgaben- bzw. Problemstellung „mitbringen“,
- liefern die Aufgabe, die vom Product Owner zum Produktziel umformuliert wird,
- werden während der Sprints durch den Product Owner vertreten,
- bewerten nach jedem Sprint die Inkremente bzw. das finale Produkt,
- Umsetzung in Form von **a)** User Stories als kurze Beschreibungen einzelner Features des gewünschten Produktes oder **b)** Stakeholder Statements als mehrere 1–2-seitige Problembeschreibungen verschiedener (fiktiver) Organisationen und Personen oder **c)** Stakeholder Interviews in Form von Expertengesprächen zur Problembeschreibung und Produktideenfindung.

Product Owner (1 Studierende/r pro Gruppe)

- hat Vision des fertigen Produkts nach Austausch mit Stakeholdern,
- verantwortlich für die finalen Eigenschaften sowie Wirtschaftlichkeit,
- erarbeitet kontinuierlich den Product Backlog, legt Prioritäten, Werte und Risiken der einzelnen Inkremente und Items fest,
- erläutert dem Entwicklerteam die Anforderungen und Produkteigenschaften.

Scrum Master (1 Studierende/r pro Gruppe unterstützt durch 1 Lehrperson)

- verantwortlich für Einhaltung der Scrum-Regeln und Timeboxen,
- hilft den Product Backlog/ Sprint Backlog transparent zu verwalten,
- stellt Techniken zum Gruppenmanagement und für konstruktive Zusammenarbeit bereit,
- moderiert „Daily“ Scrums, Sprint Review, Sprint Retrospektive,
- dokumentiert Projektfortschritt in einer Protokollsammlung (Abgabe nach jedem Sprint als Teil der Bewertungsgrundlage),

- Lehrperson ist für generellere Aspekte verantwortlich (Zugang zu (Labor-)Räumen, Technik, Geräten) und unterstützt beim Finden der Rollen (vor allem im 1. Sprint).

Entwickler/Developer (Studierende, Gruppen <10)

- es gibt keine festen Rollen im Team,
- entwerfen einen Plan für den Sprint und führen den Sprint Backlog,
- schätzen den Aufwand der einzelnen Backlog Items, definieren zusammen mit dem Product Owner die „Definition of Done“ für jedes Inkrement und Item,
- liefern Produktfunktionalitäten mit vom Product Owner gewünschten Prioritäten,
- arbeiten im Sprint (vor Ort oder im Selbststudium) individuell oder in kleinen Teams an den Items.
-

Produktinkrement

- abgegrenzte (Teil-)Kompetenz bzw. einzelne Funktionalität des Produkts,
- muss in einem Sprint vom Entwicklerteam schaffbar sein,
- Funktionalität testbar (Definition of Done).

Item

- einzelner Arbeitsschritts – von einem Entwickler oder kleinem Team umzusetzen,
- sollte nicht länger als 90 min dauern,
- ergeben zusammen ein Produktinkrement oder bilden die Basis dafür,
- beinhaltet auch Erarbeiten von Grundlagen (bereitgestellte Lehrvideos, Übungsunterlagen, Experteninterviews, etc.).

Product

- besteht aus Inkrementen, die während der Sprints entwickelt/umgesetzt wurden,
- jedes Inkrement kann als Demonstrator oder Prototyp ein Produkt (mit eingeschränkter Funktionalität) darstellen,
- weitere Inkremente ergänzen Funktionalitäten entsprechend Priorisierung (*Backlog*).

Product Backlog

- priorisierte Liste der zu bearbeitenden Inkremente als langfristiger Projektplan,

- Aufwands- und Risikoabschätzung,
- vom Product Owner verwaltet und beim Backlog Refinement (1-2 pro Sprint) kontinuierlich verfeinert und verbessert – auch in Zusammenarbeit mit Entwicklern,
- Teil der Bewertungsgrundlage: Abgabe als ca. 10-seitige Zusammenfassung nach jedem Sprintabschluss (Tab. 1).

Sprint Backlog

- von den Entwicklern selbst verwaltet,
- geordnete Liste notwendiger Arbeitsschritte des aktuellen Sprints, inklusive der „Definition of Done“,
- Planung der Bearbeitung eines einzelnen Items (sollte <90 min dauern),
- wird in „ToDo“, „In Progress“ und „Done“ eingeteilt (Grundlage für *Burn-down Chart*).

Sprint

- 3–4-wöchiges Intervall (Tab. 1) zur selbstorganisierten Umsetzung der *Backlog Items*,
- zu Beginn wird bei der Sprint Planung der Sprint Backlog erarbeitet,
- am Ende jedes Sprints wird im Sprint Review ein fertiges Inkrement abgeliefert,
- wird durch die Sprint Retrospektive zur Verbesserung der Zusammenarbeit im Team abgeschlossen.

„Daily“ Scrum (1x pro Woche, max. 15 min)

- Auftakt jedes Treffens, jeder muss zu Wort kommen – auf Aussagen wird nicht eingegangen (nur Status erfassen),

- alle Anwesenden beantworten 3 Fragen:
 - 1) Was geschah seit dem letzten Meeting?
 - 2) Was plane ich bis zum nächsten Meeting?
 - 3) Was hindert mich, dieses Ziel zu erreichen?

4. Konzept des Kompetenzatelier am Beispiel: *Biomechanik agil mit Scrum*

Entsprechend des Semesterablaufs (Tab. 1) erfolgte zu Beginn in zwei hybriden Vorlesungen eine Einführung der Studierenden in die allgemeine Thematik der Biomechanik und das agile Projektmanagement mit Scrum. Die Definitionen der Rollen und Artefakte wurde zusätzlich in weiteren kurzen Lehrsegmenten wiederholt, um den Studierenden nach der Rollenverteilung Anstöße für die Aktionen einzelner Gruppenmitglieder zu geben. Durch die Beteiligung von nur 6 Studierenden war es nicht notwendig mehrere Gruppen zu bilden. Dies war im Voraus ab einer Gruppengröße von mehr als 11 Studierenden vorgesehen.

Der Biomechanikschwerpunkt wurde zum einen durch die bereits existierenden Lehrvideos gewährleistet (24 Videos à 20-80 min, bereitgestellt via Opal/Videocampus Sachsen [6,7]). Dadurch konnten sich die Studierenden entsprechend ihres Informationsbedarfs für ihr Projekt im eigenen Tempo mit den theoretischen biomechanischen Grundlagen auseinandersetzen.

Der Stakeholder Input wurde in Form von sieben 1–2seitigen Statements verschiedener fiktiver Organisationen und Personen vermittelt (Abb. 2).

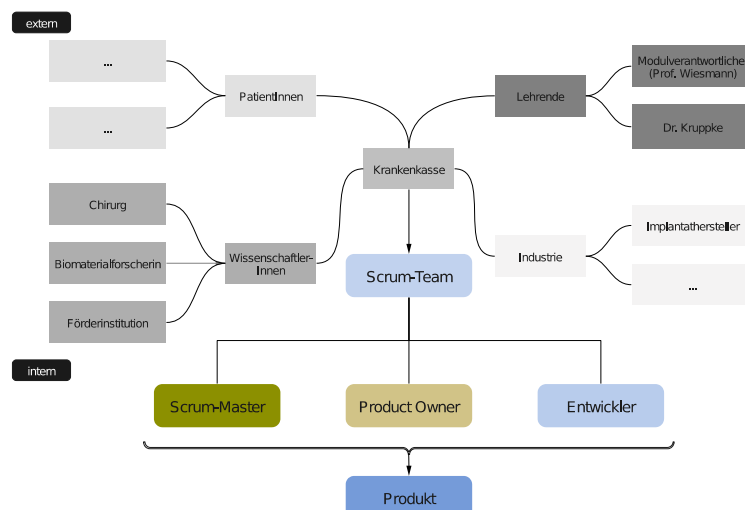


Abb. 2: Übersicht über exemplarische Stakeholder in „Kontakt“ zum Scrum-Team

Die Statements bestanden beispielsweise aus Texten von einer Krankenkasse, die als Auftraggeber ein Produkt für Patient:innen bereitstellen möchte, um aseptischen Lockerungen von Hüftendoprothesen vorzubeugen. Dieser Input wurde durch eine Patientenperspektive zum Ablauf der Rehabilitation nach der Implantation eines künstlichen Hüftgelenks ergänzt. Weiterhin wurden die Perspektiven eines Implantatherstellers, einer Biomaterialforscherin und eines Chirurgen als exemplarische Problembeschreibungen übergeben. Auch der modulerantwortliche Professor hat den Studierenden ein Stakeholder Statement übermittelt, um die Bedeutung der biomechanischen Grundlagen für die Projektbearbeitung und den finalen Demonstrator zu betonen. Aus diesen Statements entwickelten die Studierenden das Produktziel, das der Product Owner wie folgt formuliert: „Im Alltag am Körper des Patienten tragbare Sensoren zur Erkennung von schädlichen Hüftstellungen zur Vermeidung von Implantatlockerung durch Hüftluxation mittels direktem Feedback.“

Darauf basierend wurde das Product Backlog abgeleitet und als Aufgabenliste für die iterative Erarbeitung der Demonstratoren während der Sprints festgehalten. Als schriftliche Dokumentationsplattform der Backlogs und des Projekt-/Sprintfortschritts wurde den Studierenden über eine kostenfreie Lehrlizenz ein Miro-Board zur Verfügung gestellt, das betriebssystemunabhängig zugänglich ist [8]. In Abb. 3 ist der schematische Endzustand nach einem Semester gezeigt. Das Miro-Board enthält in Spalte 1 eine Übersicht der Termine und Notizen der Studierenden. Die Spalte 2 zeigt die Stakeholder und ein Templat für die User Stories, welches zu Beginn des Kompetenzateliers vorgegeben wurde. Weiterhin sind in der Spalte 3 die Produktidee, der mit Priorisierung und Aufwandsgewichtung versehene Product Backlog und die Definition of Done für einzelne Inkremente aufgeführt. Die Spalte 4 enthält als Sprint Backlog, einen Burn-down Chart sowie ein Kanban-Board zur transparenten Zuordnung der Aufgaben aller Teammitglieder mit Kennzeichnung des Bearbeitungsstands mit „To do“, „In Progress“ und „Done“.

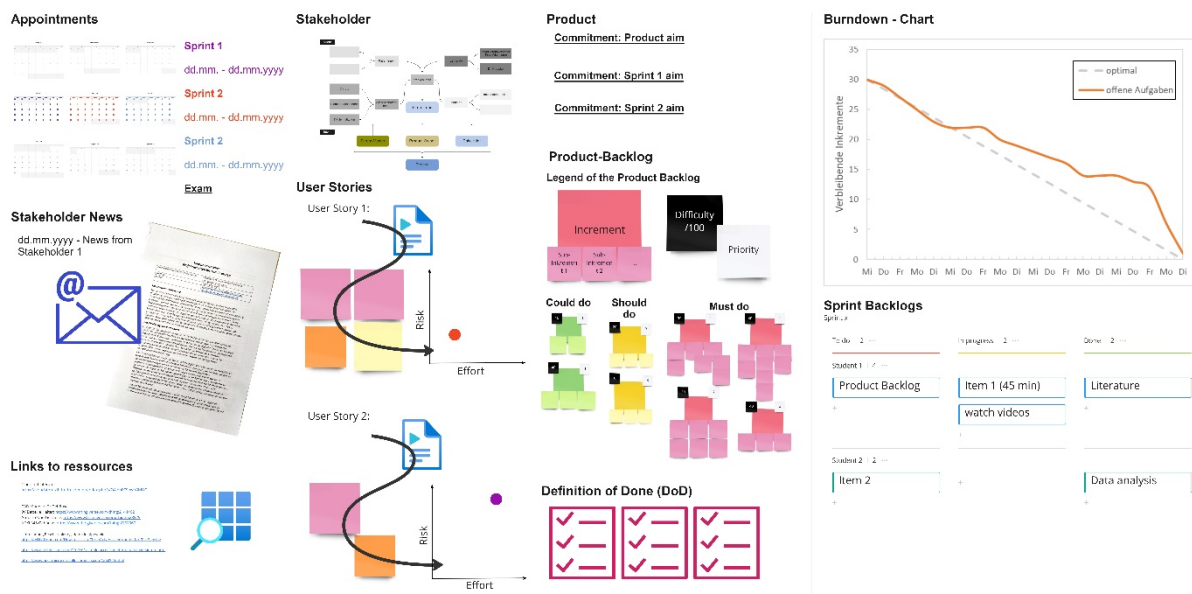


Abb. 3: Das schematische Miro-Board des Scrum-Teams.

Im ersten Sprint entschieden sich die Studierenden die Biomechanik des menschlichen Bewegungsapparats mittels der Bewegungssensoren von Mobiltelefonen (App phyphox® [9,10]) aufzuzeichnen. Hierbei konzentrierten sie sich auf die Messung des Beugungswinkels

zwischen Oberschenkel und Torso zur Identifizierung schädlicher Hüftgelenksauslenkungen im Fall von künstlichen Hüftgelenken.

Es erfolgte eine Vorstellung des Inkrements (erster Demonstrator) im ersten Sprint Review, bei dem die Winkelmessung mittels zweier Mo-

biltelefone und der nachträglichen Berechnung der schädlichen Bewegungsabläufe durchgeführt wurde. Anschließend wurde für den 2. Sprint das Anforderungsprofil geschärft.

Das Scrum-Team zeigte seine Anpassungsfähigkeit im Rahmen der agilen Projektbearbeitung, als zwei neue Geräten zur additiven Fertigung (Filament- und Harz-basierter 3D-Drucker) inklusive der Materialien für den 3D-Druck zur Verfügung gestellt wurden. Darüber hinaus konnten die Studierenden mehrere Arduino-Mikrokontroller mit einer Vielzahl an Sensoren und weiteren elektronischen Komponenten nutzen.

Daraufhin wurde in den nächsten Sprint Backlog die Umsetzung eines Arduino-basierten Systems mit zwei Lagesensoren und die Fertigung der Gehäuse und eines Hüftmodells zur Präsentation der Produktfunktionsweise mittels 3D-Druck (Abb. 4) aufgenommen.

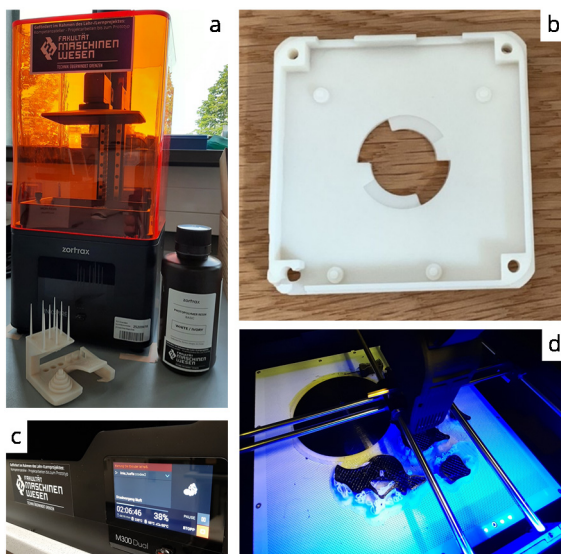


Abb. 4: UV-LCD-Drucker (a) und Gehäuseteil für portablen Prototypen (b), Dual-Filament-Drucker (c) und Druck eines Hüftmodells als Präsentationshilfe (d)

Nach den jeweiligen Sprints erfolgte eine zusammenfassende Darstellung des Projektfortschritts in einem max. 10seitigen Protokoll, welches durch den Scrum Master erstellt wurde. Das Protokoll fasst die Artefakte (Product Backlog und Sprint Backlog) zusammen und gibt den Sprintfortschritt als Burn-down Chart wieder. Zudem ist vorgegeben, in das Protokoll eine retrospektive Betrachtung der Teamarbeit zu integrieren. Hier soll kurz auf

die während der Sprint Retrospektive erarbeiteten (eventuell notwendigen) Maßnahmen zur Verbesserung der Zusammenarbeit und Leistungsfähigkeit des Entwicklerteams eingegangen werden.

Das finale Produkt wurde als *Hip.sense* in Form eines Prototyps (Abb. 5) vorgestellt und seine Funktionsfähigkeit im Rahmen der abschließenden mündlichen Prüfung bewiesen. Es handelt sich um ein Smart Medical Device welches helfen soll, die Anzahl aseptischer Lockerungen von Hüftendoprothesen durch schädliche Bewegungen nach der Implantation zu reduzieren.

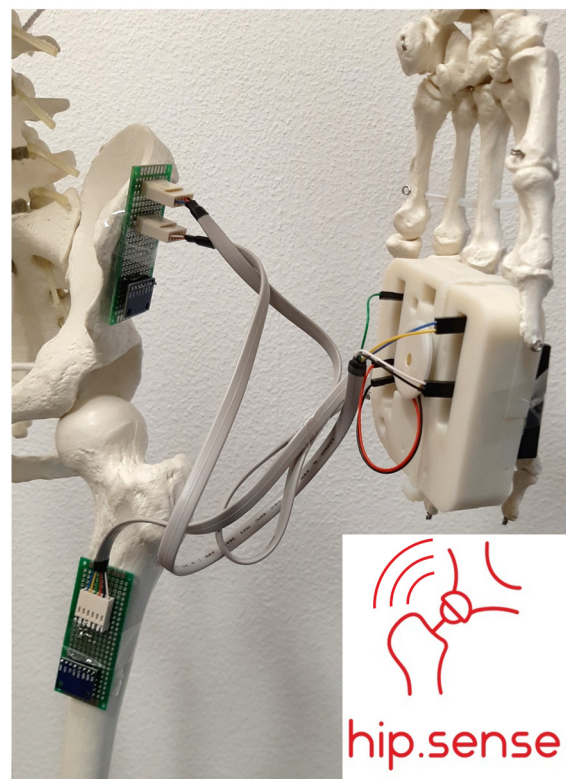


Abb. 5: *Hip.sense* Prototyp an einem Skelettmodell mit zwei Beschleunigungssensoren an Oberschenkel und Hüfte sowie des Arduino-Kontrollers mit Stromversorgung und akustischer Ausgabe.

Mit *Hip.sense* werden die Stellungen des Oberschenkels im Verhältnis zum Oberkörper detektiert und es ertönt ein akustisches Warnsignal zum Vermeiden zu starker Beugungen (beim Hinsetzen, Schuhe binden, etc.).

Der Prototyp erfüllt folgende Anforderungen:

- bezahlbare, gut verfügbare Komponenten,
- erweiterbare Plattform (andere Gelenke und Warnungen bei Bewegungsmustern),

- portable Stromversorgung,
- Potential zur Miniaturisierung (z.B. Fixieren in speziellen Taschen an der Unterwäsche),
- kundenfreundlicher Demonstrator.

5. Evaluationen und studentisches Feedback

Die Evaluation zur Halbzeit des zweiten Sprints ergab eine überwiegend positive Einschätzung des Lehrkonzeptes, der Einführung der agilen Projektarbeit sowie der beteiligten Lehrenden durch die 6 Studierenden (Tab. 2).

Die Kritik am Lehrformat lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Lehrvideos so früh wie möglich zur Verfügung stellen,
- eventuell verfügbare Projektmittel (Geräte, Budget) frühzeitig im Projekt anbieten,
- mehr Stakeholder Input und
- Erwartungshaltung zu Beginn eventuell etwas klarer kommunizieren.

Diese Kritikpunkte greifen unter anderem die nach dem 1. und 2. Sprint übermittelten zusätzlichen Stakeholder Statements auf, die explizit als anregende Elemente vorgesehen waren. Hier zeigte sich der Vorteil agilen Projektmanagements, da die Studierenden mit einer Anpassung ihrer Planung reagieren mussten. Diese „Störelemente“ zum Anstoß der agilen Umstrukturierung führten erwartungsgemäß zu Kritik, wurden aber vorbildlich in das Projekt integriert.

Die ausgewählten studentischen Kommentare lassen weitere Stärken und Verbesserungsfelder des Konzeptes erkennen:

Studierende/r 1:

„Das kreative Konzept zusätzlich zu einer zeitlich kompakten, asynchronen Lehrveranstaltung ein projektbasiertes Praktikum anzubieten, finde ich äußerst gut. Das Konzept ermöglicht zeitliche Flexibilität und freie Schwerpunktsetzung durch die Studierenden. Insgesamt dadurch eine der besten und innovativsten Veranstaltungen im Fachstudium Werkstoffwissenschaft. Bitte weiter an kreativen Vorlesungskonzepten mit integrierten digitalen Lehrformaten arbeiten, um die universitäre Lehre an die Gegebenheiten der aktuellen Zeit anzupassen!“

Studierende/r 2:

„Super Vorlesungskonzept!“

Studierende/r 3:

„Pro:

- *interessantes Konzept mit Integration kompakter asynchroner Lehrinhalte und praktischer Gruppenarbeit (bestes Lehrkonzept mMn)*
- *zeitliche Flexibilität*
- *Zugang zu 3D-Druckern und Mikrokontrollern und Bastlern*

Contra:

- *hoher Aufwand im praktischen Teil*
- *Einführung der Scrum-Methodik und Rollentausch innerhalb der Gruppe sollte evtl. noch überdacht und ggf. angepasst werden*
- *Unklarheit wie manche User-Stories (Werkstoffentwicklung, Endoprothesen mit Lockerungserkennung) tatsächlich praktisch umgesetzt werden sollen?“*

Studierende/r 4:

„Im Vergleich zu anderen Veranstaltungen mehr Aufwand. Wenn das Thema gut ist motiviert es sich tiefergehend damit zu beschäftigen“

Tab. 2: Evaluationsergebnis (Auswahl)

Aussage	trifft völlig zu	trifft über- wiegend zu	teils/ teils	trifft wenig zu	trifft gar nicht zu
Die Lehrenden stellen einen Bezug zwischen Theorie und Praxis her.	66,67 %	33,33 %	0 %	0 %	0 %
Ich empfinde das agile Projektmanagement als Bereicherung in der Lehre.	50 %	33,33 %	16,67 %	0 %	0 %
Ich fühle mich mit den Methoden des agilen Projektmanagements besser auf die berufliche Zukunft vorbereitet.	33,33 %	16,67 %	33,33 %	16,67 %	0 %
Die Praxiselemente sind auf die Lehrinhalte abgestimmt.	16,67 %	83,33 %	0 %	0 %	0 %
Die Praxisaufgabe führt zur Vertiefung der Vorlesungsinhalte und animiert dazu neue Themen zu vertiefen.	33,33 %	50 %	16,67 %	0 %	0 %
Das Kompetenzatelier finde ich gut.	33,33 %	66,67 %	0 %	0 %	0 %

6. „Lesson learned“

Ein essentieller Bestandteil der agilen Kompetenzateliers ist die schrittweise Verbesserung von Prototypen bis zum fertigen Produkt. Nach den einzelnen Arbeitsphasen sollen die Studierenden Sprintprototypen vorweisen können und bekommen hierzu Rückmeldungen von den Kursleitern (Modulverantwortliche und Lehrende) und ggf. externen Stakeholdern. Damit können die Studierenden anschließend ihre Aufgaben und Prioritäten überarbeiten und im nächsten Sprint einen neuen, verbesserten Prototyp fertigen.

Mit diesem Konzept war es möglich, die Studierenden zum gemeinsamen Arbeiten anzuregen und für die Präsenzlehre auf dem Campus neu zu begeistern. Dabei wurden folgende Vor- und Nachteile identifiziert:

- agiles Lehrformat Kompetenzatelier erlaubt Übernahme von erprobten digitalen Elementen (Lehrvideos, Miro-Boards) und Verknüpfung mit Präsenzlehre,
- Projektbezug animiert Studierende zur selbstständigen Erarbeitung von Fachinformationen (zukünftig sind stärkere Anreize durch Experteninterviews vorgesehen),
- Scrum-Team funktioniert auch bei Ausfällen einzelner Mitglieder - agiles reagieren durch Neuordnung der Items,
- Meetings können hybrid (kombinierte Präsenz- und Onlineteilnahme) durchgeführt werden und

- Anreize für Erarbeitung von Fachinhalten durch alle Teammitglieder sollte erhöht werden.

Die Teamarbeit und Fertigung von Prototypen ist nur vor Ort auf dem Campus und *Hands-On* am Gerät möglich. Dies ist unserer Beitrag sowohl den Lehrenden als auch den Studierenden die Bedeutung der wiedergewonnenen Präsenzlehre zu verdeutlichen.

7. Ausblick

Durch die Unterstützung des Lehr-/Lern-Projekts durch die Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden konnten die Methoden der additiven Fertigung und der Mikrocontrollerprogrammierung den Studierenden (fast) ohne Einschränkungen zugänglich gemacht werden. Für die Demonstrator- bzw. Prototypenherstellung ergeben sich somit zukünftig deutlich erweiterte Freiheitsgrade und das Kompetenzatelier ist auch für zukünftige Durchläufe hervorragend ausgestattet. Die Studierenden können somit zukünftig in jedem Sprint aber auch von Jahr zu Jahr ganz unterschiedliche und kreative Problemlösungsansätze aus der Praxis der angewandten Biomechanik ausprobieren.

Der universelle Charakter wurde durch die gleichzeitige Einführung dieses neuartigen Lehrformates im Modul *Kompetenzatelier: Qualitätssicherung und Statistik mit Scrum* (ebenfalls

8. Semester) geprüft. Die flexible Übertragbarkeit ist der projektorientierten Ausrichtung der Kompetenzateliers und dem Fokus auf agiles Projekt- und Zeitmanagement zu verdanken.

Zukünftig ist den Studierenden ebenfalls eine Fokussierung auf neue Materialentwicklungen aus dem Bereich der Biomaterialien (abbaubare Polymere) sowie die Verarbeitung von nachhaltigen Werkstoffen (biodegradable Verbundwerkstoffe, recycelte Polymere) möglich. Auch lassen sich die Mikrokontroller auf der Arduino-Plattform mit einem großen Angebot an Sensoren flexibel einsetzen. Es können somit leicht Kennwerte für biomechanische Belastungen im Alltag unmittelbar als Grundlage für die Prototypenfertigung im Rahmen eines studentischen Projekts ermittelt werden. Das Kompetenzatelier als Lehrformat kann somit im konkreten Fall der Biomechanik sehr flexibel an die Gegebenheiten des Lehrstuhls angepasst und in jedem Jahr die Stakeholder und Produktideen variiert werden. Darüber hinaus ist es mit der allgemeinen Basis, die die agile Projektbearbeitung im Kompetenzatelier mit sich bringt, auch in anderen Modulen und Fachbereichen möglich, die Bedeutung der Präsenzlehre und der eigenständigen Projektbearbeitung durch Studierende zu stärken.

- [5] J. Flynn, You Need To Know About Agile Project Management, Zippia.Com. (2022). <https://www.zippia.com/advice/agile-statistics/> (accessed September 29, 2022).
- [6] BPS Bildungsportal Sachsen GmbH, Online Platform for Academic Teaching and Learning (OPAL), (2022). <https://bildungsportal.sachsen.de/opal>.
- [7] BPS Bildungsportal Sachsen GmbH, Videocampus Sachsen, (2022). <https://videocampus.sachsen.de/>.
- [8] RealtimeBoard Inc. dba Miro, A. Khusid, Miro, (2011). <https://miro.com/de/>.
- [9] Phyphox®, RWTH Aachen Univ. (n.d.). <https://phyphox.org/>.
- [10] 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>.

Danksagung

Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung des Lehr-/Lernprojektes „Kompetenzatelier - Projektarbeiten bis zum Prototyp“ aus den Mitteln der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden.

Literatur

- [1] 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>.
- [2] 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>.
- [3] B. Kruppke, Promotion of self and methodological competence in the digital biomechanics practical course, Lessons Learn. 2 (2022) 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.25369/ll.v2i1.38>.
- [4] K. Schwaber, J. Sutherland, Scrum Guide V7, (2020) 133–152.