



Virtuell² – Simulationspraktikum im digitalen Raum

M. Kuhtz*, B. Grüber, C. Kirvel, N. Modler, M. Gude

Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Im Praktikum zur Lehrveranstaltung Simulationstechnik besteht insbesondere in der digitalen Lehre zum einen die Herausforderung der Schaffung von Voraussetzungen zur häuslichen Bearbeitung der Aufgaben. Zum anderen sind die individuellen Voraussetzungen und Fähigkeiten der Studierenden im Sinne einer nachhaltigen Lehre zu berücksichtigen. Ein Lösungsansatz hierfür ist die didaktische Methode des Flipped Classroom, bei der die Stoffbearbeitung anhand von vorbereiteten Materialien wie etwa Erklärvideos in individueller Verantwortung der Studierenden liegt. Dazu wird auch die Studentenversion der Simulationssoftware Simcenter Femap genutzt, die den Studierenden am heimischen Windows-PC kostenfrei zur Verfügung steht. Die eigentliche Praktikumszeit wird in der Anwendungsphase in Form von Konsultationen und digitalen Gruppenarbeiten nach der Methode des Aktiven Plenums zur Festigung und Vertiefung der erworbenen Kenntnisse genutzt.

Diese Methode bietet eine Reihe von Vorteilen in Bezug auf die didaktischen Herausforderungen wie etwa unterschiedliche Lerntempi der Studierenden oder Aktivierung der Studierenden. Insbesondere die digitale Gruppenarbeit in Form eines Aktiven Plenums fand großen Anklang bei den Studierenden, sodass viele Elemente dieses Lehrformat auch bei der Rückkehr in verstärkte Präsenzlehre beibehalten werden.

In the practical course for the course Simulation Technology, there is the challenge of creating the conditions for working on the tasks at home, especially in digital teaching. On the other hand, the individual requirements and abilities of the students must be taken into account in the sense of sustainable teaching. One approach to solving this problem is the digital method of the flipped classroom, in which students are individually responsible for working through the material using prepared materials such as explanatory videos. For this purpose, the student version of the simulation software Simcenter Femap is used, which is available to the students free of charge on their Windows PC at home. The actual practical training time is used in the application phase in the form of consultations and digital group work according to the active plenum method to consolidate and deepen the acquired knowledge.

This method offers a number of advantages in terms of didactic challenges such as different learning paces of the students or activation of the students. In particular, the digital group work in the form of an active plenum was very well received by the students, so that many elements of this teaching format will also be retained in the return to increased presence teaching.

*Corresponding author: Moritz.Kuhtz@tu-dresden.de

1. Didaktische Herausforderung

Das hier betrachtete Praktikum zur Lehrveranstaltung **Simulationstechnik** ist innerhalb des Moduls "Berechnung von Leichtbaustrukturen" (MW-MB-LB-04) angesiedelt und wird jeweils im Sommersemester durch das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) angeboten. Es ist ein Pflichtmodul für Studierende der Studienrichtung Leichtbau im Diplomstudiengang und im Diplom-Aufbaustudiengang Maschinenbau der Technischen Universität Dresden, wobei insbesondere der Aufbaustudiengang vorwiegend von ausländischen Studierenden genutzt wird. Zudem können Studierende des Wirtschaftsingenieurwesen "Simulationstechnik" als Wahlpflichtfach im Fachstudium absolvieren. Somit ergibt sich insgesamt eine sehr heterogene Zusammensetzung der Praktikumsgruppe hinsichtlich Vorkenntnissen, Fachsemester und Sprachkompetenz

Inhaltlich werden im Rahmen des Praktikums Methoden zur Simulation von Leichtbaustrukturen vermittelt. Dabei wird im Wesentlichen die Methode der Finiten Elemente genutzt, deren praktische Anwendung mittels der etablierten Software Simcenter Femap erlernt wird. Diese Software steht den Studierenden im Rahmen der akademischen Bildung als Studentenversion kostenfrei zum Betrieb auf einem Windows-PC zur Verfügung [1], weshalb sie für die hier angewendete Lehr-Lern-Methode prädestiniert ist. Darüber hinaus ist die enthaltene Lizenz zeitlich unbegrenzt, und auch die Modellgröße ist nicht limitiert, so dass die Software auch über diese Lehrveranstaltung hinaus genutzt werden kann. Zum einen bietet sich hiermit der Vorteil, dass die Studierenden die in der Lehrveranstaltung erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten im späteren Verlauf des Studiums festigen und vertiefen können. Zum anderen motiviert diese Wiederverwendung die Studierenden, den Umgang mit der Software zu erlernen, da ihre persönlichen Kompetenzen für eine spätere berufliche Tätigkeit erweitert werden.

Infolge der unterschiedlichen Studienabläufe und Lernstände in Bezug auf das vorausgesetzte Wissen sind die Vorkenntnisse der Studierenden sehr heterogen. Demnach ergeben

sich fünf zentrale didaktische Herausforderungen: **Unterschiedliche Lerntempi, Lernerfolgskontrollen, Aktivierung der Studierenden, sprachliche Kompetenzen und Anpassung der Prüfung.**

Aufgrund ihrer individuellen Vorkenntnisse und ihrer jeweiligen Motivation haben die Studierenden sehr unterschiedliche Lerntempi. Da der Umgang mit einer neuen Software selten „über Nacht“ erlernt werden kann, erhalten die Studierenden durch zielgerichtete Lernerfolgskontrollen begleitend zum Semesterverlauf Feedback zum individuellen Lernstand. Darüber hinaus ist die Aktivierung der Studierenden erforderlich, da insbesondere in digitalen Lehr-Lern-Einheiten die Gefahr besteht, dass sich Studierende nicht intensiv mit den fachlichen Inhalten auseinandersetzen. Darüber hinaus ist die sprachliche Kompetenz (Deutsch oder Englisch) bei vielen der internationalen Studierenden aus Lehrendensicht für einen intensiven wissenschaftlich-technischen Austausch unzureichend. Schließlich muss die Prüfung entsprechend der geänderten Lehr-Lern-Aktivitäten und der neu formulierten Lernziele nach dem Konzept des Constructive Alignments sowie aufgrund der digitalen Prüfung umgestellt werden.

2. Lösungsansatz: Flipped Classroom

Das am ILK etablierte umfassende Lehr-Lern-Konzept, das die vier Dimensionen der digitalen Lehre: **Lehren und Lernen, Beraten und Begleiten, Prüfen und Bewerten** sowie **Evaluieren und Feedback** beinhaltet, dient als Grundlage für eine erfolgreiche Durchführung der Lehre vor dem Hintergrund der beschriebenen Herausforderungen (Abb. 1).

Die didaktische Methode des **Flipped Classroom** (auch: Inverted Classroom) bietet insbesondere bei der hier vorgestellten Lehr-Lern-Aktivität eine Reihe von Vorteilen und wird daher in den Kontext der vier Dimensionen der digitalen Lehre eingebunden. Dabei adressiert diese Methode vor allem den Bereich des Lehrens und Lernens. Im Gegensatz zu klassischen Lehrformen wie etwa einer Vorlesung, bei der der Lernstoff in Präsenz vermittelt und an-



Abb. 1: Dimensionen der am ILK etablierten digitalen Lehr-Lern-Formate mit exemplarischen Anwendungsfeldern [3]

schließlich im Selbststudium vertieft und angewendet wird, vertauscht diese Methode die Rollen des Präsenz- und des häuslichen Lernens [2]. So werden in der asynchronen Lernphase (Erarbeitungsphase) die Lerninhalte unter Berücksichtigung der Lernziele vorwiegend durch:

- das Anschauen der Erklärvideos (Tutorials),
- dem Nachvollziehen der Tutorials,
- dem Bearbeiten der Aufgabenstellungen und
- dem eigenständigen Üben anhand von Aufgaben ohne Musterlösung

selbstständig durch die Studierenden erarbeitet. Darüber hinaus wird die synchrone Lernphase (Anwendungsphase) genutzt, um die gelernten Inhalte zu diskutieren, vertiefen und anzuwenden. Diese Methode wurden bereits in vielen Lehr-Lern-Projekten der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden [4,5] und darüber hinaus [6,7] erfolgreich angegangen und umgesetzt.

3. Lehren und Lernen

In der asynchronen Lernphase (Erarbeitungsphase) werden die Lerninhalte vorrangig durch Tutorials mit Begleitblätter vermittelt. Die Videos wurden als so genannter Screencast mit Einblendung des Lehrenden mittels der Software **OBS Studio** aufgezeichnet und über den Videocampus Sachsen direkt in der Online-Plattform für Akademisches Lehren und Lernen (OPAL) bereitgestellt. Die Produktion und

Bereitstellung der Lehrvideos zu den einzelnen Inhalten ermöglicht es den Studierenden, die Lerninhalte entsprechend ihrer persönlichen Voraussetzungen (Lerntempi, sprachliche Kompetenz, etc.) und nach freier Zeiteinteilung zu bearbeiten. Dabei stellt ein gleichbleibender Aufbau (Einführung, Hauptteil und Zusammenfassung) und wiederkehrende Stilelemente in den Videos eine Struktur her, anhand derer sich die Studierenden relativ leicht orientieren können. Die Einblendung eines Kameraabildes in die Bildschirmaufnahme macht die Videos etwas persönlicher und somit auch in Zeiten der Kontaktbeschränkungen für die meisten Studierenden angenehmer. Dabei ist die größte Herausforderung der zeitliche Aspekt bei der Videoproduktion, der anfänglich deutlich unterschätzt wurde. Neben kleineren technischen Schwierigkeiten wie etwa Lärm in der häuslichen Arbeitsumgebung ist vor allem auch das Schneiden sehr zeitintensiv. Gleichzeitig sind die Lehrenden beim erneuten Anschauen eines Videos deutlich selbstkritischer in Bezug auf sprachliche Formulierungen als bei Präsenzveranstaltungen, was oftmals zu wiederholten Aufnahmen führt.

Zu Beginn und Ende des Semesters findet jeweils ein synchrones Online-Meeting im gesamten Plenum statt. Das erste Treffen dient zum einen dazu, einen persönlichen Kontakt zwischen Lehrenden und Studierenden herzustellen sowie den Semesterplan und organisatorische Abläufe vorzustellen und abzuklären. Zum anderen wird am Ende des Treffens eine

Umfrage zum bisherigen Kenntnisstand, zu organisatorischen und inhaltlichen Fragestellungen sowie zur Motivation durchgeführt. Die Antworten dienen dazu, die Lerngruppe bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit besser einschätzen zu können, um so ggf. einzelne Lehr-Lern-Sequenzen bedarfsgerecht anzupassen. Darüber zeigte sich in vorangegangenen Semestern, dass sich das Aufnehmen von Feedback der Studierenden positiv auf die Motivation der Studierenden und die Atmosphäre innerhalb der Lehrveranstaltung auswirkt.

Ursprünglich waren zwei Online-Meetings in Form eines **Aktiven Plenums** [7] geplant (Tab. 1). Dabei wird den Studierenden die Möglichkeit gegeben, gemeinsam an der Lösung einer Aufgabenstellung zu arbeiten. Es wird auf ein festes Format zurückgegriffen: Vorstellung der Aufgabenstellung und Klären aufkommender Fragen im Plenum, Arbeit in Kleingruppen sowie Präsentation der Gruppenarbeit und Zusammenfassung im Plenum. Dazu eignet sich zum Beispiel das Konferenztool **Zoom**, da hier die Teilnehmer vergleichsweise einfach in die Kleingruppenarbeit geschickt und ins Plenum zurückgeholt werden können.

Dieses Format erfreute sich besonderer Beliebtheit bei den Studierenden, und auch die Arbeitsergebnisse waren weitaus besser als erwartet, weshalb dieses Format im Laufe des Semesters zu Ungunsten der Sprechstunde vorrangig angeboten wurde. Die anderen Zeiten der Online-Präsenz waren in Form von 30-minütigen Sprechstunden in Lerngruppen (LG) gestaltet. Hier wird den Studierenden die Gelegenheit gegeben, fachliche, technische oder organisatorische Fragen zu stellen und Missverständnisse zu klären. Diese Gelegenheit wurde allerdings nur vereinzelt genutzt. Ursächlich hierfür war zum einen die teilweise unzureichende Vorbereitung der Studierenden und zum anderen die verbesserungswürdige Reflektion des individuellen Lernstands, die durch die Formulierung von offenen Fragestellungen nur eingeschränkt erreicht wurde. Die Online-Treffen am Ende des Semesters dienen zur Klärung inhaltlicher Fragen sowie zur inhaltlichen und technischen Erprobung des Praxisteils der Klausur (Probeklausur).

Während der synchronen Veranstaltungen werden die Studierenden animiert auch das

Kamerabild zu teilen, um ein persönlicheres und damit angenehmeres Lernklima zu schaffen und gleichzeitig indirekt die Studierenden zur aktiven Teilnahme an der Lehrveranstaltung zu motivieren.

4. Beraten und Begleiten

Neben den Online-Meetings erhalten die Studierenden im Wesentlichen durch synchrone Online-Treffen in Einzel- oder Kleingruppen Beratungsmöglichkeiten. Individuelle Problemstellung können durch die Vereinbarung individueller Sprechzeit als Online-Treffen gelöst werden. Darüber hinaus steht im OPAL-Kurs der Baustein „Forum“ zur Verfügung, der zum Austausch unter den Studierenden als auch für Fragen an die Lehrenden dient und vor allem in Hinblick auf die Prüfungsphase genutzt wurde.

5. Prüfen und Bewerten

Neben der summativen Prüfung am Ende des Semesters und der erwähnten Umfrage zu Beginn der Lehrveranstaltung erfolgt eine informative Lernerfolgskontrolle anhand der Praktikumsbeispiele auch im Aktiven Plenum mit und ohne Musterlösung. Dieses Format bietet die Möglichkeit, dass die Studierenden ihren jeweiligen Lernstand mit der Vergleichsgruppe der Kommilitoninnen vergleichen.

Für die Prüfungsvorbereitung wird an die etablierten Methoden der Erarbeitungs- und Anwendungsphase angeknüpft. So werden zwei **Probeklausuren** zu Teilen der Lehrveranstaltung innerhalb der Modul- bzw. Fachprüfung angeboten. Während die erste vorrangig den inhaltlichen Aufbau der Fragestellungen adressiert, ist die zweite vorwiegend zum Klären technischer Funktionsweisen der Online-Prüfung bestimmt. Soweit funktionierte das reibungslos, und die Studierenden konnten sehr gut mit den Aufgaben, die sich stark an die Übungsaufgaben anlehnten, umgehen.

Die Prüfung am Ende des Semesters ist eine Modulprüfung und wurde in diesem Semester als Online-Prüfung in Form eines „open book exam“ durchgeführt. Dabei wurden die Aufgaben für den Praktikumsteil der Simulationstechnik mit Simcenter Femap gestellt.

Tab. 1: Semesterablaufplan

Erarbeitungsphase				Anwendungsphase		
	Praktikumsinhalt	Methode	Materialien	Anwendung	Methode	Medien/ Materialien
1	Einschreiben und Übersicht OPAL-Kurs	Selbststudium	OPAL	Einführung	Online-Meeting	Zoom
2	EET, Grafische Oberfläche, Erste Hilfe	Tutorial	Videos und Begleitblätter (BB)	LG1, LG2, LG3, LG4	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum Begleitblätter
3	Geometrie erstellen bzw. importieren, Vernetzen, Mittelflächenmodellierung	Tutorial	Videos und BB	LG5, LG6, LG7, LG8	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum BB
4	Aufgabe 2.1 Balkenelemente mit konstantem Rohrquerschnitt: Eigenlast	Selbststudium	Aufgabenblatt (AB)	LG9, LG10, LG11, LG12	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum BB
5	Aufgabe 2.2 Welle mit variablen Rohrquerschnitt: Eigenlast und Querkraft	Selbststudium	AB	LG1, LG2, LG3, LG4	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum BB
6	Aufgabe 2.3 Fehlersuche und -behebung	Selbststudium	AB	Aufgabe 2.2	Aktives Plenum	Zoom
7	Aufgabe 2.4 Schalenvernetzung und 1D-Verbindungen	Selbststudium	AB	LG5, LG6, LG7, LG8	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum BB
8	Aufgabe 2.5 Mittelflächenmodellierung und Parameterstudie	Selbststudium	AB	LG9, LG10, LG11, LG12	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum BB
9	Laminate-Modeller, Solid-Laminate	Tutorial	Videos und BB	LG1, LG2, LG3, LG4	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum BB
10	Aufgabe 2.6 Laminatmodellierung	Selbststudium	AB	LG5, LG6, LG7, LG8	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum BB
11	Aufgabe 2.7 Volumenmodellierung	Selbststudium	AB	Aufgabe 2.6	Aktives Plenum	Zoom
12	Aufgabe 2.8 Volumenlaminatmodellierung	Selbststudium	AB	LG9, LG10, LG11, LG12	Sprechstunde	Zoom, Fragen Forum BB
13	Freies Üben u.a. mit Übungsaufgaben	Selbststudium	OPAL	Abschluss	Online-Meeting	Zoom
14	Freies Üben u.a. mit Übungsaufgaben	Selbststudium	OPAL	Probeklausur	Probeklausur	Auswertung

Anhand der Prüfungsergebnisse können zwei wesentliche Schlussfolgerungen gezogen werden: Als erstes ist zu erkennen, dass Studierende, die sich aktiv in den Sprechstunden und

den Aktiven Plenen beteiligt hatten, gute bis sehr gute Leistungen erzielt haben. Zweitens haben Studierende mit geringer Beteiligung höchstens befriedigende Leistungen erreicht.

Diese Gruppe besteht vorwiegend aus Studierenden des Aufbaustudienganges, deren Muttersprache nicht Deutsch ist. Hierbei wird vermutet, dass mangelnde Sprachkompetenzen der Studierenden die aktive Teilnahme an interaktiven Formaten der Anwendungsphase hemmen und somit auch fachliche Defizite auftreten.

Obwohl im Rahmen der Lehrvideos die sprachlichen Voraussetzungen berücksichtigt wurden, nahmen nur sehr wenige Studierende dieser Gruppe die Möglichkeiten der Sprechstunde oder des Aktiven Plenums wahr. Die bessere Aktivierung der Studierenden mit Deutsch als Fremdsprache bleibt als didaktische Herausforderung bestehen.

6. Evaluieren und Feedback

Neben der Evaluation durch die Fakultät erfolgte auch eine ständige Evaluation in der Anwendungsphase. So gibt es in den Online-Meetings immer die Möglichkeiten für Rückfragen. Die Sprechstunden geben den Studierenden Möglichkeiten Feedback untereinander zu geben und an die Lehrenden zu richten. Darüber hinaus konnten die Studierenden durch Vergleich ihrer Übungsergebnisse mit der Musterlösung bzw. durch Diskussion im Forum ihren Lernstand vergleichen.

Darüber hinaus war das Feedback der Studierenden in Bezug auf die Lehrveranstaltung schwer greifbar. In den persönlichen Gesprächen der Sprechstunden wurden Methoden und Materialien als „gut“ oder „sehr gut“ eingeschätzt. Allerdings haben sich wenige Studierende bei strukturierteren Feedbackrunden etwa in Form von informellen Umfragen zu Beginn oder am Ende einer synchronen Veranstaltung aktiv beteiligt. Die eingegangenen Rückmeldungen waren ausschließlich neutral oder positiv. Offensichtlich liegt eine gewisse Feedbackmüdigkeit auf Seiten der Studierenden vor, denn auch die Befragung des Zentrums für Qualitätsanalyse der TU Dresden zu den Kursinhalten spezifisch zur Praktikumeinheit konnte nicht statistisch ausgewertet werden, weil weniger als zehn Antwortbögen bei 80 im OPAL_Kurs eingeschriebenen Studierenden abgegeben wurden.

7. Fazit

Die didaktische Methode des Flipped Classroom bietet eine Reihe von Vorteilen im Kontext digitaler Lehre wie etwa Berücksichtigung unterschiedlicher Lerntempi und fügt sich gut in die Dimensionen der digitalen Lehr-Lern-Formate ein. Deshalb ist es vorgesehen, viele Elemente dieses Lehrformates auch bei der Rückkehr in verstärkte Präsenzlehre beizubehalten.

Danksagung

Die Autoren danken dem Zentrum für Qualitätsanalyse für die Unterstützung der TU Dresden bei der Evaluation sowie dem Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren der TU Dresden für die Hilfestellung bei der Erstellung der Onyx-Prüfung.

Literatur

- [1] https://www.plm.automation.siemens.com/plmapp/education/femap/de_de/free-software/student
- [2] 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), S. 44–49.
<https://doi.org/10.14307/JFCS105.2.12>
- [3] M. Kuhtz, R. Kupfer, C. Kirvel, A. Hornig, N. Modler, M. Gude: Das Praktische im Virtuellen – digitale Lehre am ILK. In: S. Odenbach (Hg.): *Lessons Learned Band 1*. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.28>
- [4] B. Kruppke: Der Mix macht's – Asynchron, synchron, inverted ... von der Folienvertonung bis zum Experiment. In: S. Odenbach (Hg.): *Lessons Learned Band 1*. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.2>
- [5] E. Schoop, R. Sonntag, M. Altmann, W. Sattler: Stell Dir vor, es ist „Corona“ – und keiner hat's gemerkt. In: S. Odenbach (Hg.): *Lessons Learned Band 1*. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.33>
- [6] K. Falconer, S. Hoffmann, A. Schadschneider: Lehre an Schulen und Hochschulen in Zeiten von Corona – Ein Erfahrungsbericht aus Sicht der Physikdidaktik. In: S. Odenbach (Hg.): *Lessons Learned Band 1*. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.29>
- [7] S. Richter: *Lessons Learned an der DIU*. In: S. Odenbach (Hg.): *Lessons Learned Band 1*. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.15>
- [8] L. Berger, J. Grzega, C. Spannagel (Hg.) (2011): *Lernen durch Lehren im Fokus. Berichte von LdL-Einsteigern und LdL-Experten. Ein Workshop-Band zum LdL-Tag 2009 an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg*. Berlin: epubli GmbH.