

Becker, F.; Zimmermann, K.

Berufsbegleitende Lehre im Fach Technische Mechanik 1

Das Fach Technische Mechanik ist von grundlegender Bedeutung für eine Vielzahl von Ingenieurfachrichtungen und integraler Bestandteil aller Studiengänge der Fakultät für Maschinenbau. Die Konzeption der berufsbegleitenden Lehre erfolgte auf Basis von Vorarbeiten wie Lehrbriefen und E-Learning-Projekten. Als Lehrmethoden sollten u. a. Just-in-time Teaching und Peer Instruction Verwendung finden, da sowohl Präsenz- als auch Fernlehrezeiten eingeplant wurden. Die praktische Umsetzung an einer Modellgruppe zeigte, dass die geplanten Lehrkonzepte aus organisatorischen Gründen nicht vollständig umgesetzt werden konnten, dennoch wurden wesentliche Erkenntnisse gewonnen, die in zukünftige Lehrkonzepte einfließen können. Als Bindeglied zwischen Naturwissenschaften, wie Physik und Mathematik, und Ingenieurwissenschaften, wie Maschinenelemente und Konstruktion, besitzt die Technische Mechanik das Potential für eine starke Verzahnung mit diesen Fächern. Der zeitliche Aufwand für die Konzeption und praktische Umsetzung einer berufsbegleitenden Lehrveranstaltung ist sehr groß. Perspektivisch könnte eine Zeitersparnis zu heutigen Veranstaltungsformen erreicht werden, wenn eine kontinuierliche Weiterentwicklung der berufsbegleitenden Veranstaltung und eine schrittweise Umstellung der heutigen Präsenzlehre erfolgen. Ein wesentlicher zeitlicher Vorteil für die Studierenden wird vom Autor jedoch bezweifelt. Zudem sind der persönliche Kontakt und die unmittelbare Interaktion zwischen den Studierenden und zwischen Studierenden und Lehrenden eine wichtige Komponente des Studiums. Neue Lehrmethoden können helfen, Studierende zu aktivieren und zu motivieren. Hierfür kann beispielsweise ein punktebasiertes Belohnungssystem etabliert werden, das stärkere Anreize zum Selbststudium schafft und zusätzliche Möglichkeiten bietet den Studienerfolg zu evaluieren.

Inhalt

1.	Konzeption des berufsbegleitenden Studiums	1
1.1.	Inhalt und Lernziele des Fachs	
	Technische Mechanik 1	1
1.2.	Anforderungen an die Konzeption.....	2
1.3.	Ausgangssituation und Vorarbeiten	2
1.4.	Konzeption der berufsbegleitenden	
	Lehrveranstaltung	3
1.5.	Kurzzusammenfassung der Konzeption.....	3
2.	Umsetzung	3
2.1.	Randbedingungen und Organisatorisches	3
2.2.	Einsatz studentischer Hilfskräfte	4
2.3.	Technische Umsetzung der Lehrmaterialien	4
2.4.	Verzahnung von Lehrinhalten.....	4
2.5.	Inhalt der Lehrveranstaltung	4
2.6.	Lehrmethoden	5
2.7.	Exemplarischer Ablauf einer Lehrveranstaltung.....	5
2.8.	Prüfungsform.....	5
3.	Unterschiede zur Präsenzlehre	6
3.1.	Organisation und Lehrmaterialien	6
3.2.	Voraussetzungen der Studierenden, Arbeitsweise	
	und Studienerfolg	6
4.	Erfahrungen und Herausforderungen.....	6
4.1.	Anreize zum Selbststudium	6
4.2.	Zeitlicher Aufwand der Studierenden.....	6
4.3.	Zeitlicher Aufwand der Lehrenden	6
4.4.	Verzahnung.....	7
4.5.	Vorbereitung zukünftiger Lehrveranstaltungen	7
	Autoren	8
	Hinweise	8
	Literatur	8

1. Konzeption des berufsbegleitenden Studiums

1.1. Inhalt und Lernziele des Fachs Technische Mechanik 1

Das Fach Technische Mechanik 1 bildet ein Bindeglied zwischen den Natur- und Technikwissenschaften. Es ist integraler Bestandteil der meisten Ingenieurstudiengänge und gehört zum Kanon des gemeinsamen ingenieurwissenschaftlichen Grundstudiums (GIG) [1]. Es ist von grundlegender Bedeutung für eine Vielzahl von Fachgebieten, wie Konstruktionstechnik, Mechatronik, Kraftfahrzeug- und Mechanismentechnik. In der Lehrveranstaltung Technische Mechanik 1 werden die Studierenden mit den begrifflichen Grundlagen und dem methodischen Rüstzeug versehen, um den Abstraktionsprozess vom realen technischen System über das mechanische Modell zu mathematischen Lösungen realisieren zu können. Im Zentrum stehen die Begriffe Kraft, Moment und Gleichgewicht sowie die Wechselwirkung zwischen Belastung und Beanspruchung. Die Modellbildung und Berechnung mechanischer Systeme ist von besonderer Bedeutung und erfordert Fach- und Methodenkompetenzen zur selbständigen Problemlösung. Lernziele des Faches sind:

- die Anwendung zentraler Begriffe der Mechanik,
- das Analysieren mechanischer Systeme,
- der Entwurf mechanischer Modelle,
- das Evaluieren mechanischer Modelle und
- das methodische Vorgehen zur modellbasierten Dimensionierung von mechanischen Systemen.

1.2. Anforderungen an die Konzeption

Im Projektteam wurden folgende Randbedingungen für die Konzeption des berufsbegleitenden Studiums festgelegt:

- Der Inhalt und die Lernziele der berufsbegleitenden Lehrveranstaltung sollten nahezu deckungsgleich mit der Präsenzveranstaltung sein.
- Die Lehrveranstaltung sollte mit dem Fokus auf Fernlehre gestaltet werden.
- Präsenzzeiten sind verfügbar.
- Es wird eine Modellgruppe von Studierenden geben, die im berufsbegleitenden Modus einen Bachelor-Abschluss anstreben wird, d. h. das Konzept wird praktisch umgesetzt werden.

Aus diesen Randbedingungen ergeben sich wesentliche Anforderungen an die Lehrveranstaltung. Sie sollte flexibel gestaltet werden, sodass

- die Studierenden ihre Arbeitszeit frei einteilen können,
- die Lehrmaterialien jederzeit verfügbar sind,
- die Lehrenden auch außerhalb von Präsenz- und Kernarbeitszeiten kontaktierbar sind,
- in Präsenzveranstaltungen die Inhalte des Selbststudiums reflektiert und Fragen diskutiert werden können.

Hinzu kommen Anforderungen, die sich aus der besonderen zeitlichen Situation und beruflichen Motivation der Studierenden ergeben. Um Dopplungen zu vermeiden, sollte verstärkt auf die Verzahnungen mit anderen Fächern geachtet werden. Anforderungen, Zeitaufwand, Ablauf, Inhalte und Prüfungsform der Lehrveranstaltung müssen für die Studierenden transparent sein, um die Motivation zu fördern und Planungssicherheit zu gewährleisten.

1.3. Ausgangssituation und Vorarbeiten

Zur Gestaltung und Durchführung von Präsenz- und Fernlehrveranstaltungen existiert eine unüberblickbare Anzahl von Publikationen und riesige Vielfalt an Konzeptionen und Lehrmethoden. Das Gemeinschaftsprojekt der Thüringer Hochschulen „HIT“ ermöglicht dem akademischen Personal die Teilnahme an Workshops zu den Themen Hochschuldidaktik, Lehren und Lernen [2]. Hier erworbene Kenntnisse und Kompetenzen wurden unmittelbar für die Konzeption und Durchführung der Lehrveranstaltung verwendet.

Die inhaltliche Konzeption der Lehrveranstaltung orientiert sich an den Präsenzveranstaltungen Technische Mechanik 2.1 und 3.1, die mit zwei Semesterwochenstunden (SWS) Vorlesung und zwei SWS Übung jährlich an der Technischen Universität Ilmenau gehalten werden. Laut Modultafel [3] wird eine Präsenzzeit von 45 Stunden und zusätzlich eine Selbststudiumszeit von 75 Stunden veranschlagt.

Um die Flexibilisierung des Studierens zu ermöglichen, müssen Lehrmaterialien bereitgestellt werden. Hierzu kann auf zahlreiche Buch- und Skriptveröffentlichungen zum Thema Technische Mechanik zurückgegriffen werden. Naheliegender ist die Verwendung der Vorarbeiten am eigenen Fachgebiet, da so leichter die Kongruenz von Inhalten und Lernzielen der Präsenzveranstaltung und der zu konzipierenden Fernveranstaltung erreicht werden kann.

Als Beispiel soll hier auf Lehrbriefe [4] für das Hochschulfernstudium für das Fach Technische Mechanik verwiesen werden, die viele Anforderungen an Lehrmaterialien für das Fernstudium sehr gut erfüllen. Die erfahrenen Verfasser [5] haben den Inhalt in kompakte, studierbare Pakete gegliedert und für jeden Abschnitt eine „mittlere notwendige Studienzeit in Minuten“ [4] angegeben. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel.

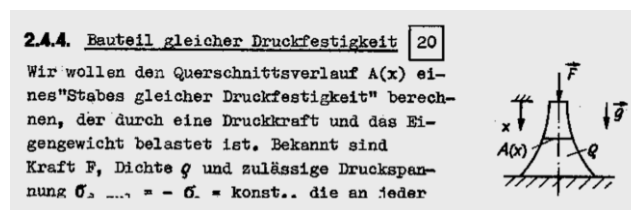


Abb. 1: Ausschnitt aus dem Lehrbrief „Mechanik für Elektroingenieure 1“ von 1990 mit Angabe der „mittleren notwendigen Studienzeit“ von 20 Minuten [4]

Die Studienzeiten summieren sich auf eine veranschlagte Gesamtzeit von 20 Stunden pro Lehrbrief. Auf Basis dieser Lehrmaterialien wären damit überschlägig 50 bis 55 Stunden notwendig, um die Inhalte der Lehrveranstaltung Technische Mechanik 1 für Elektroingenieure im Selbststudium zu erarbeiten. Hinzu kommen bis zu 16 Stunden obligatorischer Präsenzveranstaltungen und zusätzliche Selbststudiumszeit für das individuelle Studium, wie sie auch in der Präsenzlehre vorgesehen ist.

Heute gilt es als Stand der Technik für das Fernstudium, digitale Lehrmaterialien zu gestalten und online verfügbar zu machen. Hierbei kann sich auf umfangreiche Vorarbeiten an der TU Ilmenau und im Speziellen am Fachgebiet Technische Mechanik gestützt werden [6]. Dieses war federführend an einem Kompetenzzentrum zum Thema Digitalisierung der Lehre beteiligt, in dessen Rahmen vier Projekte am Fachgebiet bearbeitet wurden:

1. „Modellbildung in der Technischen Mechanik“ (1995-1999)
2. E-Learning Software „Schwingungstechnik“ (2000-2002)
3. E-Learning Software „Biomechatronik“ (2003-2004)
4. Kompetenzzentrum E-Learning-Dienste (2005-2008)

Der hierbei erworbene Erfahrungsschatz [6] und die entstandene Software [7-9] können als Basis für die Konzeption

tion der Lehrveranstaltung dienen. Abbildung 2 zeigt einen Screenshot einer am Fachgebiet entwickelten Lehrsoftware.



Abb. 2: Screenshot einer im Zuge der E-Learning-Projekte zwischen 1995 und 2008 am Fachgebiet entwickelten Lehrsoftware, verfügbar in [8] und zum Download in [9]

1.4. Konzeption der berufsbegleitenden Lehrveranstaltung

Die berufsbegleitende Lehrveranstaltung wird die gleichen Inhalte und Lernziele haben, wie die jährlich an der TU Ilmenau gehaltenen Lehrveranstaltungen Technische Mechanik 2.1 und 3.1.

Die Verfügbarkeit des Lehrenden außerhalb von Kernarbeitszeiten kann durch moderne Kommunikation via E-Mail, Kurznachrichtendienste und Telefon problemlos ermöglicht werden.

Um die Arbeit der Studierenden mit den Lehrmaterialien im Selbststudium zu vereinfachen, wird auf die über Jahrzehnte am Fachgebiet weiterentwickelten Lehrbriefe von 1990 zurückgegriffen. Der Stoff sollte in kompakte Pakete unterteilt werden, die mit überschaubarem Zeitaufwand bearbeitet werden können. Zur Erhöhung der Planbarkeit des Selbststudiums wäre eine Angabe der voraussichtlichen Studienzeit optimal. Die Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt und sind damit jederzeit verfügbar, was eine flexible Studienzeitgestaltung gewährleistet. In Vorarbeiten entwickelte Software sollte zur Verfügung gestellt werden.

Im Vergleich zur reinen Präsenzlehre wird geplant, eine noch stärkere Motivation des Lernstoffes aus seiner praxisbezogenen Anwendung zu erreichen, um somit Assoziationen aus dem Berufsalltag der Studierenden zu fördern. Hierzu könnten die Studierenden beispielsweise mechanische Probleme aus ihrem Alltag selbstständig modellieren und gesuchte Größen benennen.

Die Lehrveranstaltung wird auf Basis der interaktiven Lehrmethoden Just-in-Time Teaching (JiTT) [10] und Peer Instruction (PI) [11] konzipiert. JiTT ist eine Methode, die

das Selbststudium fördert. Es werden Lehrmaterialien online bereitgestellt und Fragen dazu formuliert. Die Antworten werden vor jeder Präsenzveranstaltung an den Lehrenden übergeben, der seine Präsenzveranstaltung unmittelbar an den Ergebnissen ausrichtet. JiTT eignet sich besonders für Lehrveranstaltungen mit regelmäßigen Präsenzveranstaltungen und einem großem Selbststudiumsanteil. PI ist eine Lehrmethode, die in Präsenzveranstaltungen angewandt werden kann. Sie eignet sich für Gruppen mit mehr als fünf Studierenden. Hierbei werden Multiple-Choice-Tests in der Lehrveranstaltung gestellt und von den Studierenden anonym beantwortet. Dies erfolgt mittels technischer Hilfsmittel, sogenannten Klickern, bzw. webbasiert mittels mobiler Endgeräte. Die Ergebnisse werden unmittelbar auf dem Beamer gezeigt. Darauf folgt eine Diskussionsphase in kleinen Gruppen unter der Prämisse: „Überzeugen Sie Ihre Kommilitonen von Ihrer Meinung!“ Eine weitere anonyme Abstimmung zeigt die in der Diskussion erfolgte Weiterentwicklung. Der Lehrende kann nun auf die Ergebnisse eingehen. Die Kombination von JiTT und PI ermöglicht es, die Studierenden mit wertvollem und quantifizierbarem Feedback zu ihrem Lernerfolg zu versorgen, sowohl während der Präsenzveranstaltung (PI) als auch im Selbststudium (JiTT). Beide Methoden haben das Ziel, die Studierenden zu aktivieren, ihre Motivation zu fördern und zum selbstständigen Denken anzuregen.

1.5. Kurzzusammenfassung der Konzeption

Folgende Aufzählung soll die wichtigsten Aspekte der Konzeptionsphase abschließend zusammenfassen:

- Die Veranstaltung findet als Mischung aus Fern- und Präsenzlehre statt.
- Die Vorarbeiten in Form von Lehrbriefen und E-Learning-Software werden berücksichtigt.
- Die Inhalte und Lernziele sind nahezu deckungsgleich mit den bisherigen Präsenzveranstaltungen.
- Die Lehrmaterialien werden online verfügbar gemacht.
- Die Lehrmethoden Just-in-Time Teaching und Peer Instruction werden verwendet.
- Ein starker Praxisbezug und die Überprüfung des Lernerfolges mittels Online-Tests sollen Anreize zu einem konzentrierten Selbststudium sein.

2. Umsetzung

2.1. Randbedingungen und Organisatorisches

Die Umsetzung des Konzeptes der Lehrveranstaltung erfolgte im Modellversuch an einer Gruppe von drei, später zwei, berufsbegleitenden Studierenden.

Es wurden 20 Präsenzveranstaltungen mit jeweils 90 Minuten durchgeführt, davon fanden 14 Einzelveranstaltungen an Freitagen und drei Doppelveranstaltungen an Samstagen statt. Die Präsenzveranstaltungen wurden als

eine Mischung aus Konsultation, klassischer Vorlesung und klassischer Übung durchgeführt.

Für die gesamte Lehrveranstaltung wurde nur ein einziges Buch empfohlen, das ausreichend häufig in der Bibliothek verfügbar ist. Sowohl die inhaltliche Gliederung als auch Nomenklatur und Formelzeichen des Buchs sind nahezu identisch mit der Lehrveranstaltung.

Die flexible Kommunikation zwischen Studierenden und Lehrenden außerhalb der Präsenzzeiten wurde durch E-Mail, Austausch der privaten Mobiltelefonnummern und die Forums-Funktion in Moodle ermöglicht.

2.2. Einsatz studentischer Hilfskräfte

Für die Vorbereitung der Lehrveranstaltung Technische Mechanik 1, als auch für die sich anschließenden Lehrveranstaltungen Technische Mechanik 2 und 3, wurden studentische Hilfskräfte eingestellt. Sie bearbeiteten die folgenden Aufgaben:

- Audio- und Videoaufzeichnung der Vorlesungen von Prof. Zimmermann:
 - Technische Mechanik 2.2 (Wintersemester 2015/16)
 - Technische Mechanik 3.3 (Sommersemester 2016)
- Bearbeitung der Aufzeichnungen
- Schnitt der Videoaufzeichnungen der Vorlesung Technische Mechanik 2.1 (Sommersemester 2006)
- Erstellung von Zeichnungen in CorelDraw®
- Betreuung zweier Physikpraktika

In Summe 600 Arbeitsstunden wurden von den studentischen Hilfskräften geleistet.

2.3. Technische Umsetzung der Lehrmaterialien

Zur Umsetzung konnte auf vorhandene Videos der Präsenzvorlesung Technische Mechanik 2.1 aus dem Jahr 2006 von Prof. K. Zimmermann zurückgegriffen werden. Sie sind in der ungeschnittenen Fassung auf den Servern der Forschungsgemeinschaft elektronischer Medien e. V. (FeM e. V.) der TU Ilmenau abrufbar [12]. Die Lehrmaterialien wurden auf Basis der Präsenzveranstaltung und der Lehrbriefe erstellt. Sie bestehen aus Skripten in Form von PDF-Dateien, Abschnitten der genannten Vorlesungsvideos, einer Literaturempfehlung, Onlinetests und der Lehrsoftware „Modellbildung in der Technischen Mechanik“, die im Rahmen eines früheren Projektes am Fachgebiet entwickelt wurde.

Um die Lehrmaterialien verfügbar zu machen, wurde auf die Infrastruktur des Rechenzentrums der TU Ilmenau (UniRZ) zurückgegriffen. Der Videoserver „VIMP Social Media Solutions“ [13] konnte genutzt werden. Die Lehrsoftware wurde als Archiv auf dem FTP-Server der TU Ilmenau zum Download bereitgestellt. Als zentrales Bereitstellungs- und Organisationssystem der Lehrver-

anstaltung wird das Lernmanagementsystem Moodle2 des UniRZ genutzt. Alle Lehrmaterialien sind unmittelbar über die Plattform abrufbar oder verlinkt. Es wurde ein Moodle-Kursraum angelegt und in 15 Unterabschnitte unterteilt: einen einleitenden Abschnitt mit allgemeinen Hinweisen und einer Literaturempfehlung sowie 14 Vorlesungsabschnitten. Die 14 Vorlesungsabschnitte spiegeln nicht zwangsläufig den Inhalt einer Präsenzvorlesung wider, sondern bilden die oberste thematische Gliederungsebene. Jede Vorlesung ist in zwei bis drei Abschnitte gegliedert, die jeweils ein Skript als PDF, mehrere kurze Videos der genannten Vorlesung und einen Onlinetest zur Prüfung des Lernerfolgs umfassen.

2.4. Verzahnung von Lehrinhalten

Zwischen den Lehrenden der Physik 1, Maschinenelemente und Technischen Mechanik wurden Lehrmaterialien ausgetauscht und inhaltliche Abstimmungen getroffen. So wurde deutlich, welche Inhalte sich doppeln und welche Kenntnisse als gegeben vorausgesetzt werden können.

Die wichtigsten mechanischen Begriffe und Axiome werden beispielsweise in der Lehrveranstaltung Physik 1 eingeführt. Hierauf wurde in der Lehrveranstaltung Technische Mechanik 1 aufgebaut.

Existierendes Verzahnungspotential mit der Lehrveranstaltung Maschinenelemente wurde ebenso genutzt. Zwei Lehrveranstaltungen der Maschinenelemente wurden an thematisch passender Stelle in die Reihe der Technischen Mechanikveranstaltungen eingeschoben. Die Themen waren Berechnungen zur Biegung von Balken und der zusammengesetzten Beanspruchung und ein Praktikum „Zugversuch“. Beide Themen wurden zuvor theoretisch vorbereitet und anhand einführender Beispielrechnungen behandelt.

2.5. Inhalt der Lehrveranstaltung

Der inhaltliche Aufbau der Lehrveranstaltung entspricht dem Inhalt der Präsenzveranstaltung Technische Mechanik 2.1 an der TU Ilmenau und ist in weiten Teilen deckungsgleich mit vergleichbaren Vorlesungen an zahlreichen technischen Hochschulen und Universitäten. Hier soll der Inhalt lediglich anhand der realisierten obersten Gliederungsebene dokumentiert werden:

- Vorlesung 1: Statik – Begriffe und Definitionen
- Vorlesung 2: Statik – Gleichgewicht und Lagerreaktionen
- Vorlesung 3: Statik – Berechnung von Lagerreaktionen und Reibung
- Vorlesung 4: Statik – Innere Reaktionen, Schnittreaktionen
- Vorlesung 5: Festigkeitslehre – Spannungszustand
- Vorlesung 6: Festigkeitslehre – Verformungszustand

- Vorlesung 7: Festigkeitslehre – Zug und Druck
- Vorlesung 8: Festigkeitslehre – Torsion
- Vorlesung 9: Festigkeitslehre – Gerade Biegung
- Vorlesung 10: Festigkeitslehre – Schiefe Biegung
- Vorlesung 11: Festigkeitslehre – Zusammengesetzte Beanspruchung und ertragbare Spannungen
- Vorlesung 12: Festigkeitslehre – Knickung
- Vorlesung 13: Festigkeitslehre – Einführung in die Energiemethoden der Festigkeitslehre
- Vorlesung 14: Festigkeitslehre – Sätze von Castigliano und Menabrea

Die Vorlesungen 12 bis 14 wurden in den Präsenzveranstaltungen nicht mehr behandelt, jedoch zum Selbststudium zur Verfügung gestellt. Sie werden in Technische Mechanik 2 wiederholt und geprüft werden.

2.6. Lehrmethoden

Die geringe Gruppengröße erlaubt es nicht die Methode Peer Instruction in den Präsenzveranstaltungen zu verwenden. Durch die Doppelveranstaltungen an Samstagen, ergab sich sechsmal die Situation, dass die Studierenden nicht die Möglichkeit hatten, zwischen den Präsenzveranstaltungen Selbststudium zu betreiben. Damit konnte die Methode des Just-in-Time Teachings nicht konsequent umgesetzt werden und ein beträchtlicher Teil des Selbststudiumsstoffes wurde in den Präsenzveranstaltungen vermittelt.

2.7. Exemplarischer Ablauf einer Lehrveranstaltung

Der Ablauf einer Lehrveranstaltung, die aus einem Selbststudiumsabschnitt und einer Präsenzveranstaltung besteht, soll hier an einem Beispiel illustriert werden.

Die Studierenden sollten eine Aufgabe mit Bezug zur vorhergehenden Präsenzveranstaltung selbstständig entwickeln und die Lösung bestimmen. Die Aufgabe sollte aus ihrem beruflichen Alltag motiviert werden. Alternativ konnte eine vorgegebene Aufgabe gelöst werden. Die Studierenden haben die Aufgabe, den Vorlesungsstoff im Selbststudium zu erarbeiten. Ein Skript, das wenige Hauptthemen umfasst, ist online verfügbar. Für jedes Thema steht ein kurzes Video der Präsenzvorlesung zur Verfügung, das beliebig oft angesehen werden kann. Es kann genutzt werden, um den im Skript dargestellten Lernstoff zu verstehen oder zu festigen. Weiterführende Literatur kann beliebig genutzt werden.

Zu den Themengebieten gibt es einen Onlinetest, dessen Absolvierung obligatorisch ist. Er enthält einfache Fragen im Multiple- oder Single-Choice-Format oder es steht ein Texteingabefenster zur Verfügung. Beispiele werden in Abbildung 3 gegeben. Einige Fragen können durch Copy-and-Paste beantwortet werden, andere erfordern ein tieferes Verständnis des Stoffes. Es soll sichergestellt werden, dass der Lernstoff bearbeitet wurde. Vor der Präsenzveranstaltung kontrolliert der Lehrende die Er-

gebnisse und erhält somit Anhaltspunkte zum Lernerfolg der Studierenden. Die Ergebnisse werden als Basis für die Ausrichtung der kommenden Präsenzveranstaltung genutzt. Auf diese Selbststudiumsphase folgt eine Präsenzveranstaltung. Hier werden die Fragen der Studierenden zum Selbstlernstoff diskutiert, die Hausaufgaben überprüft und zusätzliche Aufgaben gelöst.

2.8. Prüfungsform

Am Ende der Lehrveranstaltungsreihe wurde eine schriftliche Prüfung mit einer Länge von 120 Minuten durchgeführt. Im Verlauf der Lehrveranstaltung war es möglich, Bonuspunkte für diese Klausur zu erwerben, die in Summe bis zu 20 % der Gesamtpunktzahl der Abschlussklausur ausmachen könnten. Die Zwischenprüfungsformen waren ein dreißigminütiges Testat und ein Hausbeleg in Form einer Gruppenarbeit.

Scriptinhalt	<p>Kraft</p> <p>Definition Einwirkung eines Körpers auf einen ande Maßeinheit 1 Newton = 1 N = 1 $\frac{kg \cdot m}{s^2}$ Symbol \vec{F} (Vektor), F (Betrag)</p> <p>Eine Kraft ist durch ihre Wirkung nachweisbar.</p>
Testat	<p>Was ist eine Kraft?</p> <p>Absatz</p> <p>Format p</p>
Scriptinhalt	<p>Kontaktkräfte (Haftreibung)</p> <p>Wenn sich zwei Körper berühren, werden an ihrer K Eine geometrische Verbindung kann durch Zwangski</p>
Testat	<p>Die Haftreibungskraft ist eine Zwangskraft.</p> <p>Eine auswählen:</p> <p><input type="radio"/> Wahr</p> <p><input type="radio"/> Falsch</p>
Präsenzinhalt	<p>Die Zahlenwerte sind aus der Präsenzveranstaltung bekannt.</p>
Testat	<p>Für Wärmehdehnungen von Stahl gilt:</p> <p>Wählen Sie eine Antwort:</p> <p><input type="radio"/> a. Sie sind sehr klein, da der Temperatureausdehnungskoeffizient des Materi</p> <p><input type="radio"/> b. Sie sind sehr groß, da der Elastizitätsmodul des Materials im Bereich von</p>

Abb. 3: Beispiele aus Skript und Onlinetest

3. Unterschiede zur Präsenzlehre

3.1. Organisation und Lehrmaterialien

Die unmittelbare Interaktion mit Studierenden in der Präsenzveranstaltung erlauben dem Lehrenden Einschätzungen über den Fortschritt des Lern- und Verständnisprozesses zu treffen. In einem Fernstudium mit stark reduzierten Präsenzzeiten muss diese unmittelbare Verbindung durch andere Werkzeuge ergänzt werden. Onlinetests haben sich als ein mögliches Mittel bewährt.

Im Vergleich zur Präsenzlehre ist eine besonders sorgfältige Ausarbeitung der Lehrmaterialien erforderlich. Damit ist auch eine deutliche Steigerung des Aufwands für die Erstellung verbunden. Die Erarbeitung der Materialien für das Selbststudium erfordert eine Anpassung der didaktischen Darstellung im Vergleich zum vorlesungsbegleitenden Skript. So muss der Stoff in studierbare Pakete gegliedert werden, um eine effiziente und flexible Bearbeitung zu ermöglichen. Diese Inhaltspakete müssen mit weiterem Zusatzmaterial wie Videos oder Multimediamaterialien harmonisieren und themenbezogene Lernfortschrittsüberprüfungen ermöglichen.

3.2. Voraussetzungen der Studierenden, Arbeitsweise und Studienerfolg

Die Studierenden im berufsbegleitenden Studium besitzen häufig praktische Vorkenntnisse, die vom Lehrenden gewinnbringend in der Lehrveranstaltung aufgegriffen werden können. Möglicherweise fehlen durch die Unterbrechung zwischen Schulabschluss und Studium einige Vorkenntnisse, die wichtig für den Studienerfolg wären.

In der persönlichen Einschätzung des Lehrenden wird auch im durchgeführten berufsbegleitenden Modus zu wenig Selbststudium durch die Studierenden geleistet. So wurden häufig Hausaufgaben nicht erledigt, Testfragen nicht beantwortet und bereitgestelltes Material nicht durchgearbeitet. Dieses Problem ist jedoch auch von den Präsenzstudierenden bekannt [14]. Die Prüfungsergebnisse der Modellgruppe im Fach Technische Mechanik 1 unterscheiden sich hingegen nicht wesentlich von denen der Präsenzstudierenden.

4. Erfahrungen und Herausforderungen

4.1. Anreize zum Selbststudium

Die geringe Anzahl der Präsenzstunden führte zum Teil zu weniger gefestigten theoretischen Grundlagen, da diese im Selbststudium häufig weniger intensiv bearbeitet werden als beispielsweise anwendungsbezogene Aspekte. Anreize für ein konzentriertes Selbststudium zu schaffen, ist von entscheidender Bedeutung. Ein System, das auch kleinere Lernfortschritte belohnt oder fehlende sanktioniert könnte hier weiterhelfen. Den Inhalt einer gesamten Lehrveranstaltung im Selbststudium zu erarbeiten und nur

eine Abschlussprüfung am Ende des Semesters abzulegen, erscheint dem Autor nicht als richtiger Weg. Das Belohnungssystem der Studierenden sollte angesprochen werden. Beispielsweise könnte ein Punktesystem kreiert werden, das auch kleinere regelmäßige Aktivitäten des Selbststudiums fördert und belohnt. Dabei sollten die Studierenden aus einer Vielzahl von Arbeitseinheiten, fakultativen Präsenzveranstaltungen, praktischen Anwendungen oder (Online-)Tests wählen können und flexibel entscheiden, welche Möglichkeiten genutzt werden. Eine erreichte Mindestpunktzahl qualifiziert zur Teilnahme an einer Abschlussprüfung oder es können bestimmte Punktezahlen als Prüfungsleistung anteilig berechnet werden.

4.2. Zeitlicher Aufwand der Studierenden

Die zeitliche Belastung der Studierenden ist groß. Es ist eine hohe Flexibilisierung des Studiums notwendig, die es erlaubt das Studium zeitlich frei zu gestalten. Der Vorlesungsstoff sollte gestrafft werden und das Potential zur Verzahnung der Lehre ausgenutzt werden.

Der zeitliche Aufwand der Modellgruppe wird in Tabelle 1 im Vergleich zum erstellten Lehrkonzept, dem lehrbriefbasierten Fernstudium „Technische Mechanik für Elektroingenieure“ (TM für EI) und der aktuellen Präsenzveranstaltung Technische Mechanik 2.1 (TM 2.1) laut Modultafeln [3] dargestellt.

		Präsenz TM 2.1	Lehrbriefe TM für EI	Konzept	Modell- gruppe
Wochen		15	?	15	20
Präsenz	VL	22,5 h	16 h	22 h	30 h
	S	22,5 h			
Selbststudium	I	75 h	?	75 h	?
	M	-	55 h	20 h	?
	B	-	?	3 h	?
Summe		120 h	71 h + ?	120 h	30 h + ?

Tab. 1: Zeitlicher Aufwand der unterschiedlichen Lehrkonzepte [3, 4] (VL – Präsenzvorlesung, S – Präsenzseminar/Präsenzübung, I – Individuelles Selbststudium, M – Bearbeitung von präsenzersetzendem Lehrmaterial im Selbststudium, B – Belegarbeit).

4.3. Zeitlicher Aufwand der Lehrenden

Die Konzeption und praktische Umsetzung eines berufsbegleitenden Studiums, das zu einem wesentlichen Teil als Fernstudium absolviert werden soll, ohne eine „Tradition der Institution“ auf diesem Gebiet, erfordert einen erheblichen zeitlichen Aufwand für die Lehrenden und zum Teil für die umgebende Infrastruktur (Bereitstellung durch UniRZ). Als Beweis hierfür können die verwendeten 600 Stunden Arbeitszeit der studentischen Hilfskräfte

angeführt werden. Jedoch würde auch die Gestaltung einer Lehrveranstaltung im heutigen Präsenzformat viel Vorbereitungszeit benötigen, wenn keine Vorarbeiten vorhanden wären.

Perspektivisch hat eine über mehrere Semester weiterentwickelte Lehrveranstaltung, die aus Präsenz- und Fernlehrezeiten besteht, das Potential eine wesentliche Zeiterparnis für die Lehrenden zu erreichen. Wird vom konzipierten Arbeitszeitaufwand ausgegangen, wie in Tabelle 1 dargestellt, könnte die Anzahl der Lehrveranstaltungen etwa um 50 % reduziert werden. Jedoch sind auch die durch die Studierenden im Selbststudium zu erarbeitenden Inhalte zu administrieren, zu betreuen, weiterzuentwickeln und zu aktualisieren. Werden hierfür 45 Minuten pro Semesterwoche veranschlagt, ergäbe sich eine Arbeitszeitreduzierung von 25 % gegenüber der Präsenzlehrveranstaltung im aktuellen Format.

4.4. Verzahnung

Das Fach Technische Mechanik 1 liegt an der Schnittstelle zwischen Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften. Die Vermittlung des Stoffes erfordert hierbei die Darstellung von exakten theoretischen Grundlagen, die auf Vorkenntnissen aus der Mathematik und Physik aufbauen.

Potential zur Straffung des Stoffes ergibt sich perspektivisch für die Lehrveranstaltung Technische Mechanik 2, da die dort behandelten Themen Kinematik und Kinetik auch in der Physik I und II bearbeitet werden. Der Autor schätzt die Zeitersparnis, die damit erreicht werden könnte auf bis zu zwei Lehrveranstaltungen. Jedoch gibt es wesentliche Unterschiede, die ein formales „Weglassen“ von Inhalten aus diesen Gebieten verbieten. Anpassungen in der Lehre von Physik und Technische Mechanik sind notwendig.

Bisher nur wenig beachtetes Verzahnungspotential liegt zwischen den ingenieurwissenschaftlichen Fächern und dem Fach Mathematik. Zwar treten die Vertreter der aufbauenden Lehrveranstaltungen an die Mathematiklehrenden heran und nennen die mathematischen Werkzeuge, die benötigt werden, jedoch erfolgt bisher kaum Austausch in die andere Richtung. Beispielaufgaben für die Mathematiklehre könnten durchaus aus den aufbauenden Fächern stammen, wobei die Herkunft des Problems lediglich erwähnt werden kann und nicht in gänzlicher Tiefe beschrieben werden muss. Die mathematische Lösung kann im Weiteren verwendet werden. Hier nur einige Beispiele aus der Technischen Mechanik: Vektorrechnung am Beispiel von Kraftanordnungen; Lösung linearer Differentialgleichungen 2. Ordnung am Beispiel von Verformungs- oder Schwingungsdifferentialgleichungen; Integrale, die für die Festigkeitslehre von Bedeutung sind; komplexe Zahlen für die komplexen Fundamentalsysteme der Schwingungstechnik usw.

Da die Frage der Verzahnung nicht nur für die konkrete Modellgruppe von Interesse ist, sondern für alle Studiengänge, die das GIG absolvieren, wurde das Thema auf professoraler Ebene weiter vertieft. Die Diskussion ist noch nicht abgeschlossen. Es bleibt zu resümieren, dass die Wiederholung des Stoffes nicht von Nachteil für die Präsenzstudierenden ist, besonders dann, wenn hierbei der fließende Übergang von Vorkenntnissen, über das Analysieren der Gemeinsamkeiten und der Unterschiede in Darstellung und Nomenklatur hin zu einer in sich konsistenten Darstellung und gut studierbaren Lehrveranstaltung als Gesamtprojekt gelingt.

4.5. Vorbereitung zukünftiger Lehrveranstaltungen

Zur Vorbereitung der späteren Lehrveranstaltungen der Modellgruppe wurden mit Hilfe studentischer Hilfskräfte und des FeM e. V. die Lehrveranstaltungen Technische Mechanik 2.2 und 3.3 gefilmt und die Videos bearbeitet. Im Moment liegen sie ungeschnitten, in neunzigminütiger Länge bereit und können bei Bedarf in kompakte Themenkomplexe geschnitten werden, wenn die Lehrveranstaltungen in diesem Format weitergeführt werden.

Autoren

Dr.-Ing. Felix Becker, Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Anschrift: Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau,
Fachgebiet Technische Mechanik, Max-Planck-Ring 12, 98693 Ilmenau

E-Mail: felix.becker@tu-ilmenau.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Zimmermann, Fachgebietsleiter, Profes-
sor für Technische Mechanik

Anschrift: Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau,
Fachgebiet Technische Mechanik, Max-Planck-Ring 12, 98693 Ilmenau

E-Mail: klaus.zimmermann@tu-ilmenau.de

Hinweise

Die Verfasser erlauben sich, bei weiblichen und männlichen Personen die männliche oder neutrale Anrede (z. B. Teilnehmer, Mitarbeiter, Studierende/r) zu nutzen. Die nicht genannte weibliche Anredeform ist jeweils eingeschlossen.

Sämtliche Inhalte (Text, Graphik, Daten u. a.) des vorliegenden Dokuments werden im **Open Access Modus** veröffentlicht.

Sämtliche Inhalte (Text, Graphik, Daten u. a.) des vorliegenden Dokuments sind **urheberrechtlich geschützt** (© by TU Ilmenau, BASICplus, 2016-2017). Eine Nutzung ist ausschließlich im Rahmen der üblichen Zitation unter Nennung der veröffentlichten Quelle gestattet.

Zitationsfähige Quellenangabe: Becker, F.; Zimmermann, K.: *Berufsbegleitende Lehre im Fach Technische Mechanik 1*; BASICplus Schriftenreihe, Technische Universität Ilmenau, www.tu-ilmenau.de/basicplus/publikationen, 2017

Förderhinweis: Diese Publikation entstand im Rahmen des Projekts BASICplus „Realisierung einer offenen Studienplattform für die berufsbegleitende und durchgängige Aus- und Weiterbildung in den Ingenieurfächern“. Das Projekt wurde mit Mitteln aus dem Förderwettbewerb „Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen“ aus dem Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und der Länder im Rahmen der gemeinsamen Anstrengungen in der Förderung von Wissenschaft und Forschung gefördert (1. Förderphase, Laufzeit August 2014 – Januar 2018, FKZ: 16OH21017).



Literatur

- [1] Rektor der TU Ilmenau (Herausg.): Fächergruppe Ingenieurwissenschaften, <https://www.tu-ilmenau.de/studieninteressierte/studieren/bachelor/>, letzter Aufruf: 15.11.2016.
- [2] HIT Thüringen: Akademische Personalentwicklung an Hochschulen in Thüringen, <https://www.hit-thueringen.de>, letzter Aufruf: 11.11.2016, 2010.
- [3] TU Ilmenau: Modultafel Technische Mechanik 3.1, http://www.tu-ilmenau.de/modultafeln/Maschinenbau/Bachelor/2013/fach/3310/?no_cache=1, letzter Aufruf: 11.11.2016, 2013.
- [4] E. Just, J. Steigenberger u. a.: Mechanik für Elektroingenieure 1-4, Lehrbriefe, 2. Aufl., 4. Ausg., Zentralstelle für Lehr- und Organisationsmittel Zwickau, 1990.
- [5] J. Steigenberger: Technische Mechanik – Einführung in die Statik starrer Körper Teil 1-2, Lehrbriefe, Technische Hochschule Ilmenau, 1967.
- [6] K. Hoppe, M. Löffelholz, E. Wagner (Red.): MILE – multimedia learning environments, Institut für Medien- und Kommunikationswissenschaft, Ilmenau, S. 19, 2004.
- [7] K. Zimmermann, M. Weiß, S. Stauche: Lehrsoftware im Fachgebiet Technische Mechanik, Tagungsband des 8. Workshops „Multimedia für Bildung und Wirtschaft“, 30.09 – 01.10.2004, Ilmenau, S. 123-125, 2004.
- [8] K. Zimmermann: Technische Mechanik – multimedial, 2. Aufl., mit CD-ROM, Carl Hanser Verlag, Leipzig, 2003.
- [9] Fachgebiet Technische Mechanik der TU Ilmenau: Download der Multimedia-Software, <http://www.tu-ilmenau.de/tm/lehre/elearning/>, letzter Aufruf: 11.11.2016, 2012.
- [10] S. P. Simkins, M. H. Maier (Red.): Just-in-time Teaching, Stylus Publishing, LLC, Sterling, Virginia, 2010.
- [11] E. Mazur: Peer Instruction, Prentice Hall Series in Education, 1996.
- [12] K. Zimmermann: Videos der Vorlesung Technische Mechanik 2.1 aus dem Sommersemester 2006, bereitgestellt durch den FeM e. V. <http://streaming.fem.tu-ilmenau.de/portal/category.query?id=35>, letzter Aufruf: 11.11.2016, 2006.
- [13] K. Zimmermann: Videos der Vorlesung Technische Mechanik 2.1 aus dem Sommersemester 2006, bereitgestellt durch das Rechenzentrum der TU Ilmenau (UniRZ) <http://kalturaeval.rz.tu-ilmenau.de/>, letzter Aufruf: 11.11.2016, 2006.
- [14] H. Krömker, K. Henne: Workload-Analyse TU Ilmenau – Wintersemester 2009/10 und Sommersemester 2010, https://www.uni-hildesheim.de/media/_migrated/content_uploads/KroemkerHenne.pdf, letzter Aufruf: 15.11.2016, 2011.