



# „Mechanik macht Spaß“ Lehrveranstaltung Technische Mechanik - Statik/Festigkeitslehre – nach 2 Jahren Corona

M. Sähn\*, U. Gebhardt, M. Kästner

*Professur für Numerische und Experimentelle Festkörpermechanik, Institut für Festkörpermechanik, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden*

## Abstract

Seit dem Wintersemester (WS) 2016/17 wird das etablierte und fachlich ausgefeilte Lehrkonzept der Technischen Mechanik an der Professur für Numerische und Experimentelle Festkörpermechanik stetig durch digitale Komponenten erweitert, um das Verständnis der Inhalte zu verbessern und die Attraktivität der Lehrveranstaltung (LV) zu steigern. Mit einer Kombination aus Präsenzlehre und zusätzlichen digitalen Angeboten wurden diese Ziele erreicht.

Der komplette Übergang in die Online-Lehre im WS 2020/21 und die parallelen Angebote von Präsenz- und Online-Angeboten in den darauffolgenden Semestern führten zu einer Erhöhung der Durchfallquoten.

Damit lassen sich zwei Thesen aus den Erfahrungen der Jahre 2020 bis 2023 ableiten: Zum einen gehen mit Online- bzw. hybrider Lehre im Grundstudium Studierende vor allem aus dem Mittelfeld verloren und zum anderen werden durch unbefristete Online-Angebote die leistungsstarken Studierenden gefördert und diejenigen mit Schwierigkeiten überfordert.

Since the winter semester (WS) 2016/17, the established and technically sophisticated teaching concept of technical mechanics at the Chair of Numerical and Experimental Solid Mechanics has been continuously expanded with digital components in order to improve the understanding of the content and increase the attractiveness of the course. These goals were achieved with a combination of classroom teaching and additional digital offerings.

The complete transition to online teaching in winter semester 2020/21 and the parallel provision of face-to-face and online courses in the following semesters led to an increase in failure rates.

Two theses can thus be derived from the experiences of the years 2020 to 2023: On the one hand, online or hybrid teaching in undergraduate studies will lose students, especially from the midfield, and on the other hand, open-ended online courses will promote high-performing students and overburden those with difficulties.

\*Corresponding author: [Michael.Saehn@tu-dresden.de](mailto:Michael.Saehn@tu-dresden.de)

## 1. Motivation

Im Maschinenbaustudium finden die Lehrveranstaltungen (LV) der Technischen Mechanik (TM) – Statik und Festigkeitslehre – immer im ersten bis dritten Semester statt. Die Studierenden der Werkstoffwissenschaften und Verfahrens-Naturstofftechnik schließen diese LV nach 2 Semestern ab. Zusätzlich erfolgt die Ausbildung in der TM auch für die Studierenden der Mechatronik, Elektrotechnik, regenerativer Energiesysteme, des Verkehrs- und Wirtschaftsingenieurwesens in gesonderten LV.

Aufbauend auf dem etablierten, soliden, fachlich ausgefeilten und abgestimmten Lehrkonzept der Professoren H. Balke und V. Ulbricht werden die LV jeweils abwechselnd durch die Professoren Wallmersperger und Kästner gehalten und schließen mit den Modulprüfungen nach dem ersten (TM Statik) und dritten Semester (TM Festigkeitslehre) ab. Die LV sind Voraussetzung für die LV TM Kinematik/Kinetik im Grundstudium (ein Semester) und verschiedenen LV im Hauptstudium z. B. Numerische Methoden, Elastische Strukturen, Kontinuumsmechanik und Materialtheorie.

Zur Erhöhung der Attraktivität der TM-LV wurden im Team von Professor Kästner diverse konventionelle und elektronische Lehrangebote entwickelt und ab dem Wintersemester (WS) 2016/17 eingesetzt. Diese umfassen anschauliche und praxisorientierte Beispiele und Vorlesungsfragen, um die Aufnahmefähigkeit der Studierenden für Vorlesungsinhalte zu verbessern. Die Übungen wurden durch Lerngruppen zur aktiven Vorbereitung und mehr Zeit für die selbstständige Lösung von Übungsaufgaben ergänzt. Neben der Qualität der Lehre steht die Zielformulierung „Mechanik macht Spaß“.

## 2. Lehrkonzept Statik/Festigkeitslehre

Verschiedene Weiterbildungen innerhalb der Fakultät und durch den E-Learning-Bereich der TU Dresden führten zu einer kontinuierlichen Veränderung des Lehrkonzeptes seit dem WS 2016/17. In einem ersten Schritt wurde die Organisation der Lehrveranstaltung mit OPAL-Kursen gestaltet.

### Vorlesungen:

Die digitale Benutzeroberfläche von OPAL ermöglicht die Vorbereitung der Vorlesungen durch entsprechende Umdrucke und anschauliche Animationen sowie die Veröffentlichung des digitalen Skripts nach der Vorlesung.

Um die Aufnahmefähigkeit während der Vorlesung zu erhöhen, werden praktisch relevante Vorlesungsfragen in der Mitte der Vorlesung gestellt, die die Studierenden gemeinsam beantworten und Ihre Lösung über einen QR-Code hochladen können. Mit der Auswertung der richtigen Lösung ist eine Rückkehr in den Vorlesungsbetrieb ohne Probleme möglich. Die verwendete Software Particify ist ein von der EU gefördertes ARS-System, bei der die Datenschutzrichtlinien der EU garantiert werden. Parallel zu den Vorlesungen werden in jedem Semester 4 Online-Vorlesungsquizze mit jeweils 10 Fragen zur Technischen Mechanik gestellt, welche die Studierenden selbstständig lösen können. Nach einem anfänglich freiwilligen Angebot ergaben die Auswertungen, dass die Nutzung dieser Tests erst mit der Möglichkeit von Bonuspunkten für die anstehenden Prüfungen von der Mehrheit der Studierenden angenommen wurde.

### Übungen:

In der TM finden die Übungen wöchentlich in parallelen Übungsräumen an meist 2 Terminen statt. Die jeweiligen Übungsleiterinnen und Überleiter führen in einem 15-30-minütigen Vortrag in die Thematik der Übung ein. Im Anschluss steht die selbstständige Lösung der Übungsaufgaben mit entsprechender Hilfestellung durch die Tutoren im Vordergrund.

Auf Anregung von Professor Odenbach hin, wurde die Bildung von Lerngruppen unter den Studierenden und die gemeinsame Lösung von praktischen Aufgaben forciert. Damit sollte zum einen das gemeinsame Lernen, die Lösung von praktischen Beispielen und zum anderen die bessere Vorbereitung auf die jeweilige Übung realisiert werden. Gerade Letzteres konnte in Verbindung mit dem Angebot eines Bonuspunkts für die jeweilige Prüfung erreicht werden.

Ein Schwerpunkt in der TM-Ausbildung ist die Berechnung von Schnittreaktionen in verschiedenen Tragwerken. Um dies den Studierenden anschaulich und spielerisch zu vermitteln, wurde ein Browser-basiertes Programm (Spiel) erstellt, mit dem die Studierenden interaktiv an einem Träger die Wirkungen von unterschiedlichen Belastungen dargestellt bekommen.

Prüfungen:

Die Kontrolle der Prüfungen stellt traditionell einen großen Aufwand für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Professur dar. Aus diesem Grund wurde ab dem WS14/15 das Format der Prüfungen geändert. Damit liegt der Schwerpunkt der Prüfungen auf mechanische Fragestellungen und das Gewicht der mathematischen Probleme wird reduziert. Gleichzeitig wurden strukturierte kurze Aufgabestellungen eingeführt, welche die Folgefehlerproblematik reduzieren und Komplexaufgaben vermeiden. Die Tragweite dieser Entscheidung ist uns bewusst und der Diskussionsstand innerhalb der Professur ist bis heute nicht abgeschlossen. Der Nachteil des Verzichtes auf eine komplexe Aufgabenstellung muss akzeptiert werden.

Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Möglichkeit der Abfrage von mehr mechanischen Inhalten. Dies wird durch die Vorlesungsquizze unterstützt, welche einen zusätzlichen Fragenkatalog für die Prüfungen eröffnen. Gleichzeitig lässt sich so der Kontrollaufwand reduzieren.

Ergebnisse:

Die Umsetzung dieses Konzeptes mit der Erweiterung der Vorlesungs- und Übungsgestaltung durch E-Learning-Angebote und der Veränderung der Prüfungsformate erhöht vor allem die Attraktivität der Lehrveranstaltungen und die Akzeptanz durch die Studierenden und trägt der Anzahl der Haushaltbeschäftigten Rechnung, ohne die Qualität der Lehre zu reduzieren. Die zeigt sich in den Evaluationen der Lehrveranstaltungen durch die Studierenden und die Verleihung des Preises für Innovationen in der Lehre an Professor Kästner in den Jahren 2017 und 2023.

Ein Vergleich der Prüfungsergebnisse der WS14/15 bis WS20/21 spiegelt diesen Erfolg nur begrenzt wieder, siehe Abb. 1. Es wird deutlich, dass der Notendurchschnitt zwar nur

unwesentlich verändert wird, die Durchfallquote aber sinkt. Dabei ist zu beachten, dass in den Prüfungen deutlich mehr mechanische Inhalte abgefragt wurden.

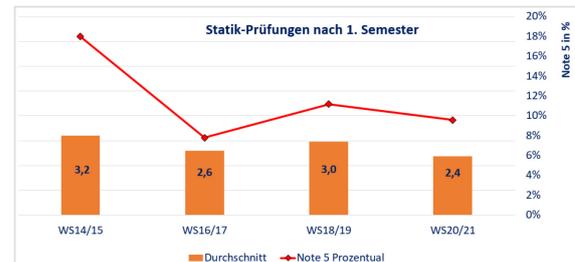


Abb. 1: Vergleich Statik-Prüfungen der WS14/15 bis WS20/21

### 3. Online-Angebote

Mit dem Beginn der Corona-Pandemie wurde die Nutzung von Online-Angeboten für die Umsetzung der Lehre unumgänglich. Auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen und der Erweiterung des Lehrkonzeptes mit E-Learning-Methoden traf uns diese Veränderung nicht unvorbereitet. Trotzdem war die Erstellung weiterer Lehrangebote erforderlich und die Umsetzung musste aktualisiert werden.

Für die Vorlesungen konnte teilweise auf Video-Aufzeichnungen für das Fernstudium zurückgegriffen werden. Die Aufzeichnung weiterer Lehrveranstaltungen aus dem Home-Office war aber erforderlich. Die Erfahrung, dass Videoaufzeichnungen für die Studierenden dann besser angenommen werden, wenn der Dozent oder Übungsleiter selbst visuell sichtbar ist, wurde dabei berücksichtigt.

Damit entstanden in dieser Zeit auch unter einem sehr hohen Zeitaufwand digitale Aufzeichnungen aller Vorlesungen und Übungseinführungen. Bemerkenswert ist dabei, dass Aufzeichnungen von vertonten Power-Point-Anwendungen in der Akzeptanz durch die Studierenden hinter den Live-Aufzeichnungen von Vorlesungen und Übungseinführungen zurückstanden.

Die Umsetzung der Vorlesungsfragen, der Lerngruppenaufgaben und Vorlesungs-quizze erforderte eine entsprechende Aktualisierung, stellte uns aber nicht vor inhaltliche, sondern nur zeitliche Probleme.

Lediglich die Prüfung der TM Statik im WS20/21 musste als Online-Prüfung realisiert

werden. Die Umsetzung ergab, dass diese Variante der Prüfung mit den von uns gewählten Mitteln die notwendigen Kompetenzen einer Mechanik-Prüfung mit Skizzen und freien individuellen Lösungswegen nicht vollständig verwirklichen kann. Das Ergebnis dieser Prüfung lässt sich nicht für eine Auswertung nutzen, da unsere eigenen Erfahrungen bezüglich Online-Prüfungen zu gering und damit die Prüfungsfragen vielleicht zu leicht waren.

### Vergleich Präsenz – Online – Lehre

Unabhängig von den oben genannten Angaben zu den Prüfungsformaten lässt sich die Wirkung der Online-Lehre in Zeiten von Corona mit den Ergebnissen aus der reinen Präsenzlehre vergleichen. Dies ermöglicht die Prüfung der TM Festigkeitslehre aus dem WS19/20 und dem WS21/22, siehe Abb. 2.

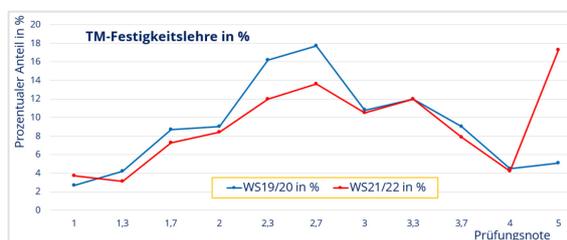


Abb. 2: Vergleich Online- versus Präsenzlehre

Beide Prüfungen fanden in Präsenz statt und zu beiden Terminen wurde bewusst die gleiche Prüfung mit identischen Aufgaben geschrieben.

Die prozentualen Ergebnisse (die Anzahl der Prüflinge ist unterschiedlich: WS18/19-347 und WS21/22-191) zeigen, dass die Online-Lehre zum einen die Durchfallquote sehr stark erhöht und zum anderen das Mittelfeld reduziert wird. Dies veranlasst uns zu der folgenden These:

**„Mit Online-bzw. hybrider Lehre gehen im Grundstudium Studierende vor allem aus dem Mittelfeld verloren.“**

Nach den Erfordernissen zur Online-Lehre war in den letzten Semestern eine Rückkehr zur Präsenzlehre möglich. Für alle Beteiligten auf der Seite der Lehrenden war dieser Schritt eine große Erleichterung. Endlich konnte man wieder in Gesichter sehen und nicht nur in schwarze Bildschirme. Dennoch erscheint ein

Zurück zur kompletten Präsenzlehre angesichts der vielen Online-Angebote nicht zielführend. Aus diesem Grund wurde im WS22/23 in der TM Statik neben den Vorlesungen und Übungen in Präsenz jeweils ab Präsentationstermin auch die verfügbaren Vorlesungsvideos für die Studierenden bis zur Prüfung freigeschaltet. Damit wird ein individuelles Lernen ohne Einschränkungen in der Wissensaneignung und ein größeres Angebot möglich. Dies kommt unserem Verständnis von Lehre entgegen – vielfältige Angebote und die Studierenden suchen sich die für sie beste Möglichkeit der Wissensaneignung heraus.

Der Vergleich der Prüfungsergebnisse der TM Statik aus dem WS18/19 und dem letzten Semester WS22/23 zeigt aber ein anderes Ergebnis, siehe Abb. 3.

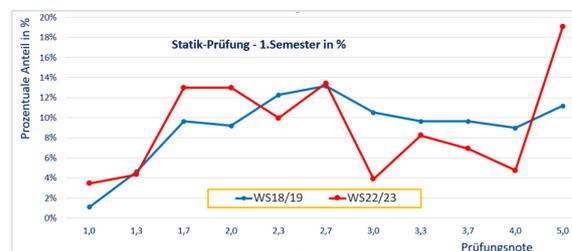


Abb. 3: Vergleich mit/ohne Onlineangeboten

Es wird deutlich, dass die Anzahl der überdurchschnittlich guten Leistungen zunimmt, während die Durchfallquote auf das Doppelte steigt. Scheinbar führt die größere Auswahl an Angeboten zur Wissensaneignung zu einer höheren Durchfallquote, da nicht alle Studierenden das größere Angebot nutzen. Einige beschränken sich auf das Online-Angebot (die Anzahl der Teilnehmer in den Präsenzveranstaltungen ist wesentlich geringer als die Anzahl der Prüfungsteilnehmer). Eine Alternative könnten befristete Online-Angebote sein, die kontinuierlicheres Lernen erfordern. Diese Ergebnisse begründen eine weitere These: **„Mit unbefristeten Online-Angeboten werden die Leistungsstarken gefördert und Studierenden mit Schwierigkeiten überfordert!“**

## 4. Ausblick

Auch wenn einige der Ergebnisse sehr ermutigend sind, soll weiterhin an den Online-Ange-

boten für die Studierenden festgehalten werden. Bei der weiteren Umsetzung der Vorlesungsfragen als Konzentrationspausen in den Vorlesungen, den anschaulichen Animationen, den begleitenden Online-Tests und den interaktiven Anwendungen wird es keine Probleme geben. Die Einführung einer neuen Prüfungsordnung steht an und sieht eine deutliche Reduktion der Technischen Mechanik im Grundstudium sowie Einschränkungen in der Bewertungsgestaltung von Modulen vor. Vor diesem Hintergrund wird es schwieriger, die Lerngruppenaufgaben in dem zukünftigen Studium zu verankern. Auf Grund des reduzierten Umfangs unserer Lehrveranstaltungen im Ausbildungskonzept der Fakultät muss die konzentrierte Wissensvermittlung gestärkt werden, um den Studierenden auch zukünftig ein umfassendes und konkurrenzfähiges mechanisches Grundwissen zu vermitteln.

Unabhängig davon wird unser Fokus auch weiterhin darauf liegen, die Freude am Studium der Technischen Mechanik zu vermitteln. Damit erhöht sich automatisch die Bereitschaft der Studierenden zu eigener Aktivität und selbstständigem Arbeiten.

In diesem Sinne „Mechanik soll Spaß machen – trotz instabiler Gleichgewichtslage!“

