



10 Jahre thermoE - Eine Bilanz der online-basierten Begleitung der Grundlagenvorlesung Thermodynamik

C. Breitkopf

Professur für Thermodynamik, Institut für Energietechnik, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Thermodynamik ist ein zentrales Fach in der Ausbildung von Maschinenbauern sowohl im Grund- als auch im Fachstudium. Besonders im Grundstudium ergeben sich besondere Herausforderungen: Heterogenität der Vorkenntnisse der Studierenden, hohe Teilnehmerzahlen in der Vorlesung, rigide Modulvorschriften ohne Berücksichtigung von Praktika und begrenzte Anzahl von wissenschaftlichen Assistenten für die Betreuung. Vor diesem Hintergrund wurde seit 2012 eine online-basierte Begleitung der Vorlesung und der Übungen erarbeitet, die mit Stand heute neben der Unterstützung des Selbststudiums durch E-Assessment mit Feedback-Funktion auch virtuelle Praktikumsversuche, ein barrierefreies Vorlesungsskript sowie eine online-Klausur umfassen. Für Studierende, die dieses Angebot konsequent nutzen, ist ein signifikant besserer Abschluss der Klausur zu beobachten. Anhand ausgewählter Beispiele soll hier das mittlerweile auch in allen anderen Vorlesungen der Professur etablierte Vorgehen einer online-basierten und kompetenzorientierten Vorlesungsbegleitung gezeigt werden.

Thermodynamics as basic subject for mechanical engineers faces certain challenges due to the heterogeneity of students, a high number of lecture participants, a rigid syllabus without consideration of practical training as well as a limited number of teaching staff. Therefore, an online-based teaching tool has been developed since 2012, which comprises up to now a feedback-controlled e-assessment, virtual practical courses, a barrier-free lecture script and an online final test. A consequent use of the assessment during the semester by students resulted in improved marks in written exams and less student fail. Some selected examples are presented here, which are representative for the general approach of the chair to provide online-based and skill-oriented lectures using all digitally possible tools.

*Corresponding author: cornelia.breitkopf@tu-dresden.de

1. Motivation

Die Technische Thermodynamik stellt ein zentrales Fach in der Grundlagenausbildung des Maschinenbaus dar und ist aktuell im dritten Semester des Maschinenbau-Curriculums der TU Dresden angesiedelt. In diesem frühen Stadium des Studiums sind meist noch alle Studienanfänger:innen immatrikuliert und verfügen über sehr unterschiedliche Vorkenntnisse. Die Heterogenität der Maschinenbau-Studierenden wird zusätzlich durch die Teilnahme Studierender verschiedener Studienrichtungen, wie Regenerative Energiesysteme, Verfahrenstechnik und Lehramt (verschiedene Fachkombinationen) verstärkt. Damit resultiert eine große Anzahl unterschiedlich motivierter Studierender, die mit einer begrenzten Anzahl wissenschaftlicher Mitarbeiter:innen fachlich betreut werden müssen. Zu dieser fachlichen Betreuung zählen neben der Vorlesung vor allem die wöchentliche Übung und auch die Klausurkontrolle am Ende des Semesters (die aufgrund fehlender rechtlicher Grundlagen bis 2021 nicht online angeboten werden konnte, obwohl es möglich gewesen wäre). Somit besteht ein enormer Betreuungsaufwand während des Semesters in den Übungen und ein sehr hoher Zeitaufwand für die Kontrolle der schriftlichen Klausuren, so dass vor allem zu Semesterende nahezu alle wissenschaftlichen Mitarbeiter für die Kontrolle blockiert sind. Des Weiteren sind in einem durch Creditpoints (und damit verfügbaren Semesterwochenstunden) reglementierten Modulplan sowie durch historisch eingefahrene Strukturen im Studienablauf keine Praktika für die Thermodynamik vorgesehen. Vergleicht man diese Konstellation für die Thermodynamik mit anderen auch ingenieurtechnischen Universitäten, werden Probleme in mehreren Ebenen manifest. Übungsaufgaben, die zumeist aus Rechenaufgaben bestehen, können durch den hohen Kontrollaufwand in dieser Konstellation nicht mehr wöchentlich eingesammelt und individuell kontrolliert werden, was eine zielgerichtete Betreuung ausschließt. Erfahrungen aus einem themengerechten Praktikum können nicht in das Verständnis von Vorlesung und Übung eingebracht werden. Die Vielzahl an wöchentlichen Gruppenübungen mit einer erhöhten Teilnehmerzahl verstärkt subjektive

Unterschiede, die durch einzelne Übungsleiter:innen in die Übungen eingebracht werden. Dies behindert leistungsschwächere Studierende nachweislich in ihrem Lernprozess, da oft Hemmungen bestehen, aktiv in den Übungen zu werden. Hier bestand Handlungsbedarf und führte seit 2012 in Eigenregie in der Folge zur Entstehung von thermoE und weiteren Lehrprojekten an der Professur.

2. Ziele

Die Entwicklung eines computerbasierten Lernsystems ist ebenso wie die analoge sogenannte "klassische" Lehre ein dynamischer Prozess, die sich permanent selbst hinterfragen sollte, mit den jeweiligen Gegebenheiten wächst, sich dadurch weiterentwickelt und lebendig bleibt.

Während zu Beginn an der Professur die Erstellung einer online-basierten Klausur im Vordergrund stand, rückte bald ein komplett semesterbegleitendes E-Assessment in den Vordergrund. Hintergrund der Entscheidung war die nicht vorhandene administrative Unterstützung, denn für Online-Prüfungsformate sind rechtliche Rahmenbedingungen notwendig, die außerhalb der eigenen Verantwortlichkeit lagen.

Mit dem Fokus auf einem computergestützten Format für die Übung (und für die Klausur) stellten sich folgende technische Fragen. Wie können mehrheitlich mathematisch basierte Fragestellungen digital abgebildet werden? Wie können Selbstlernaufgaben und potentielle Prüfungsfragen eine kompetenzorientierte Leistungsüberprüfung gewährleisten? Wie kann die Heterogenität der Studierenden berücksichtigt und damit ein individuelles Lernen ermöglicht werden? Wie kann der zeitliche Ablauf der E-Assessment-Aufgaben in die Semesterstruktur am besten eingebracht werden ohne eine sofort mögliche Anpassung der Modulbeschreibung? Welche Rückkopplung soll zur Vorlesung und zur Übung eingebaut werden? Kann das fehlende Praktikum ersetzt werden durch die Gestaltung virtueller Versuche und so den Lerneffekt verstärken?

Diesen und vielen weiteren Fragestellungen waren seit 2012 zahlreiche Projekte gewidmet, die zum Erfolg von thermoE beigetragen haben. Es sollte jedoch nicht unerwähnt bleiben,

dass diese Form der Unterstützung, die im Wesentlichen nur SHK- oder WHK-Mittel vorsah, keine wirklich nachhaltige und dauerhafte Lösung darstellt. Einige Vorträge [1, 2, 3, 4] und Publikationen sind im Laufe der Zeit aus diesen Projekten entstanden [5, 6, 7, 8]. Während der Projekte haben interdisziplinäre Kooperationen mit verschiedenen Partnern zum Erfolg beigetragen. Mehr Informationen sind dazu auch auf der Webseite der Professur zu finden.

Es ist sehr wichtig zu betonen, dass sich die langjährigen Arbeiten an thermoE von Anfang an nicht darauf konzentrierten, einen Ersatz von Präsenzzeiten zu schaffen. Die von vielen Seiten propagierte Freiheit des Lernens zu jeder Zeit wird leider meiner Meinung nach sehr einseitig, undifferenziert und unzulässig mit der hochstilisierten Entwicklung digitaler Formate verknüpft. Es muss einmal klargestellt werden, dass die durch digitale Formate transportierten fachlichen INHALTE identisch zu klassischen Formaten sind. Insofern stellt die neue digitale Welt keinen inhaltlichen Mehrwert dar, sie transportiert Inhalte anders aber nicht besser! Darüber hinaus sollte nicht vergessen werden, dass ein ort- und zeitunabhängiges Studieren immer zu jeder Zeit möglich war, indem man schlicht und einfach ein Lehrbuch zur Hand nehmen konnte. Da auch diese mittlerweile mehrheitlich digital vorliegen, ist für ein selbstbestimmtes Lernen bereits seit vielen Jahren auch keine finanzielle Hürde mehr vorhanden. Leider ist die einseitige Propagierung von digitalen Formaten mittels wohlklingender Projekttitel, die Signalwörter wie "innovativ" enthalten müssen, der anhaltenden Unterfinanzierung der Lehre an den Hochschulen geschuldet. Wohlklingende Projekttitel sichern kurzfristig finanzielle Mittel (meist befristete SHK und WHK), beheben das grundlegende Problem allerdings nicht. In dieses Problemfeld gehört auch, dass immer mehr institutionelle Gremien bzw. Stabsstellen zur Qualitätskontrolle entstehen, die mit der konkreten Lehre und der Arbeit mit den Studierenden am Ende überhaupt nicht befasst sind, aus dem allgemeinen Stellenpool bedient werden und mit ihrem Wirken trotz einzelner positiver Ansätze nicht zu einer Verbesserung der Lehrsituation beitragen.

3. thermoE - Kompetenzorientiertes E-Assessment in der Thermodynamik

Das semesterbegleitende Selbstlerntool ist mittlerweile fest in die thematische Abfolge von Vorlesungen und Übungen eingebunden. Selbstlernaufgaben, die das gesamte ONYX-Opal-Aufgaben-Spektrum umfassen, ergänzen Vorlesung und Übung sowohl mit theoretischen Fragen als auch mit Rechenaufgaben. Die Qualität der rechnerischen Beispiele wurde stets an die aktuellen Möglichkeiten (Nutzung Maxima und Folgefehlerberücksichtigung) angepasst. Die sofortige Rückantwort mit richtig/falsch ermöglicht den Studierenden eine sofortige Selbstkontrolle und soll das weitere Selbststudium unterstützen, indem in der Reaktion auf eine falsche Antwort weitere Hinweise auf Literatur bzw. das Skript eingebaut sind.

Darüber hinaus haben alle Studierenden in ihren Assessments eine direkten „Draht“ zu ihren Übungsleiter:innen und somit können Fragen gezielter in der folgenden Übung behandelt werden. Es hat sich gezeigt, dass mit einer aktiven Assessment-Teilnahme der Studierenden während des gesamten Semesters die Zahl der nicht bestandenen Prüfungen signifikant gesenkt werden konnte. Details dazu können hier nachgelesen werden [1-8].

Die folgende Abbildung 1 verdeutlicht den Einfluss einer konstanten und gezielten Beschäftigung mit den Vorlesungs- und Übungsthemen im Assessment. Gezeigt wird die aktuell letzte erreichte Quote für das Bestehen der Klausur für die Technische Thermodynamik im Wintersemester (WS) 2021/2022. Die Klausur wurde im Unterschied zum Vorjahr wieder in Papierform geschrieben, da die Professur die neu geforderte notwendige Kamerafernüberwachung der online-Formate von mehreren hundert Studierenden nicht hätte leisten können. Für eine nachvollziehbare vergleichbare Bewertung des Effektes der E-Assessments auf die Leistungsstärke der Studierenden wurde die relative Anzahl der Noten als Darstellungsform gewählt, da mehr als doppelt so viele Studierende keine Bonuspunkte (BP) erarbeitet hatten. Deshalb wurden die beiden Datenreihen (mit/ohne BP) jeweils auf die Gesamtanzahl der Studierenden der jeweiligen Gruppe

normiert. Es ist zu betonen, dass die Erarbeitung von Bonuspunkten immer auf freiwilliger Basis erfolgt. Während des hybriden Corona-Wintersemesters 2021/2022 war, wie in allen Vorlesungen, der Zugriff und damit die Ansprache an die Studierenden massiv eingeschränkt, so dass weniger Studierende das Angebot tatsächlich wahrnahmen. Da es keine Rückmeldungen bei Nichtteilnahme gab, sind weitere Gründe für die geringere Nutzung nicht bekannt. Im laufenden WS 2022/2023 ist die Beteiligung sichtbar angestiegen und kann mit der Präsenzteilnahme erklärt werden.

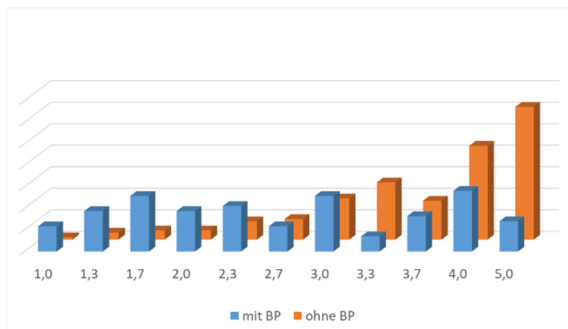


Abb. 1: Normierte Darstellung der Notenverteilung für die Klausur Technische Thermodynamik im WS 2021/2022. Blau: Studierende mit Bonuspunkten (BP), orange: Studierende ohne Bonuspunkte

4. thermoE - Erweiterung durch virtuelle Praktika

Ein weiterer Schwerpunkt der Erstellung digitaler Formate in der Professur wurde nach der Erstellung der semesterbegleitenden Assessments auf die Erstellung virtueller Praktika gelegt. Das Angebot soll das fehlende reale Praktikum ausgleichen und charakteristische Praktikumsversuche abbilden, um den Praxisbezug des Faches deutlicher herauszustellen als es über Vorlesungs- und Übungsbeispiele möglich ist. Neben der Vermittlung von Basiswissen für alle Studierende, wie zum Beispiel die Nutzung von Kalorimetrie (Verbrennungsenthalpie) oder die Bestimmung von Wärmekapazitäten, steht mit Spezialversuchen wie Adsorption, Maxwell-Verteilung, Isentropenkoeffizient usw. vor allem die besondere Förderung begabter Studierender im Vordergrund, denen über das computergestützte Angebot zusätzlich ein reales Praktikum an eigens dafür angeschafften studentischen Versuchen ermöglicht wird [9]. Das Angebot wird

vorwiegend von Studierenden höherer Semester genutzt. Studierende im Grundstudium sind oft nicht bereit, Angebote außerhalb des vorgeschriebenen Curriculum wahrzunehmen. Lediglich sehr interessierte und fachlich exzellente Studierende haben das Angebot bisher genutzt, die dann oft auch bis zum Diplom und Promotion in der Arbeitsgruppe bleiben.

Die größte Herausforderung für die Umsetzung virtueller Versuche bestand in der begrenzten Verfügbarkeit von Stueurelementen im ONYX-Opal. Daher werden zur Erstellung virtueller Praktika vorrangig Python-Elemente genutzt, die mit einem Link aus dem Opal-Kurs heraus zugänglich sind, so dass ONYX-Opal lediglich als Assessment in Form eines Antestates genutzt wird. Details können hier nachgelesen werden [9, 10].

Die Ergebnisse der abgeschlossenen und laufenden Entwicklungen wurden präsentiert [11]. Aktuell wird der Präsenzanteil des Praktikums im Rahmen eines Lehr-Lern-Projektes der Fakultät Maschinenwesen unter dem Titel: „Thermodynamik erleben - Innovative Energieprojekte experimentell begleiten und Energiegewende zum Anfassen“ mit der Anschaffung einer neuen Praktikumsapparatur unterstützt, für die ebenfalls ein digitales Angebot erstellt werden soll.

5. thermoE - kompetenzorientiertes Assessment und online-Klausur

Mit der Entwicklung der unterschiedlichen digitalen Angebote, die vor allem das Selbststudium unterstützen, stand von Beginn an die Vermittlung kompetenzorientierter Inhalte im Vordergrund. So werden verschiedene Stufen des Lernens (Erkennen, Bewerten, Anwenden, ...) angesprochen. Mit Blick auf die Thermodynamik stehen hier vor allem ein korrektes Erkennen von Systemen, Randbedingungen eines Prozesses sowie die Wahl der passenden Bilanzen im Vordergrund. Die rein mathematischen Fähigkeiten zum Lösen einfacher algebraischer Gleichungen werden vorausgesetzt und gehen nicht in die fachliche Bewertung der Thermodynamik ein. Dafür werden vor allem Elemente der Folgefehlerberücksichtigung genutzt.

Dieses Vorgehen betrifft sowohl die semesterbeleitenden Assessment-Aufgaben als auch die finale online-Klausur.

6. thermoE - Fazit

Die Ergänzung des Portfolios der Professur Thermodynamik an Vorlesungen und Übungen durch digitale Angebote hat im Vergleich zu den davor rein klassischen Angeboten eine insgesamt verbesserte Lehr-Lern-Umgebung geschaffen. Präsenzinhalte werden sinnvoll durch digitale Angebote ergänzt und vermittelt durch eine Feedback-Funktion eine individuellere Betreuung auch größerer Studierendengruppen. Der Lernerfolg der Studierenden ist höher und die Klausurergebnisse - sowohl klassisch als auch online - fallen besser aus. Darüber hinaus ist für die Mitarbeiter ein effektiveres Werkzeug für die Kommunikation mit den Studierenden geschaffen worden und gleichzeitig eine interne Weiterbildung angestoßen. Ebenso kann über zusätzliche Angebote, wie z. B. die Kombination virtueller und realer Praktika, eine frühzeitige Bindung künftiger Mitarbeiter:innen erhalten werden bzw. begabteren Studierenden ein Angebot gemacht werden. Die bereits existierenden digitalen Angebote ermöglichen während der Corona-Zeit einen sofortigen Umstieg in die digitale Welt

Danksagung

Dank an alle Mitarbeiter:innen der Gruppe insbesondere Dr. Tommy Lorenz, Dr. Constantino Grau, Dipl.-Ing. Sebastian Pinnau, Dipl.-Ing. Oscar Garcia und Dipl.-Ing. Marcel Schneegans für die Umsetzung neuer Aufgaben in Opal und Versuche in Python. Dank an Frau Dr. Maja Glorius für die finale Kontrolle aller neuer Formate vor der Freischaltung.

Literatur

- [1] Breitkopf, C.: Entwicklung eines kompetenzorientierten E-Assessment für das Fach Technische Thermodynamik - thermoE. Vortrag auf 11. Workshop on E-Learning Leipzig, 29.9.2013
- [2] Breitkopf, C.: thermoE - Eine online-basierte Prüfung für das Fach Technische Thermodynamik. Vortrag auf OLAT User Day, Dresden, 6.11.2013

- [3] Breitkopf, C.: Vorstellung des Projektes thermoE - Entwicklung eines kompetenzorientierten E-Assessment für das Fach Technische Thermodynamik. Vortrag auf Projekttreffen des Netzwerkes der sächsischen Fachhochschulen und Universitäten zum Online-Mathematikangebot, Chemnitz, 11.03.2014
- [4] Breitkopf, C.: Erfahrungen im Rahmen der Umsetzung von E-Assessment in der Vorlesung Technische Thermodynamik im WS 2013/14 und WS 2014/15. Vortrag beim Gemeinsamen Treffen der Arbeitskreise "Mathematik/Physik + E-Learning" und "Innovative Lehre in Informatik und Naturwissenschaften", Zwickau, 04.03.2015
- [5] Freudenreich, Ronny, Lorenz, Torsten, Pachtmann, Katrin, Breitkopf, Cornelia, Kretzschmar, Hans-Joachim & Köhler, Thomas. (2014): thermoE - Entwicklung eines online-basierten E-Assessments in ONYX am Beispiel der Technischen Thermodynamik. Tagungsband zum Workshop on eLearning 2014.HS Zittau/Görlitz, 63-74.
- [6] Freudenreich, R.; Kretzschmar, H.-J.; Breitkopf, C.: E-Assess-MINT - Elektronische Übungen im MINT-Bereich. Tagungsband 14. Workshop on e-Learning, Görlitz S. 49-58, 22. September 2016
- [7] Breitkopf, C.; Grau Turuelo, C.; Banos García, O.: thermoEint: Building E-Assessment Content for the Integration and Success of International Students in STEM Fields. EUNIS 2017 Congress Proceedings.
- [8] Breitkopf, C.; Freudenreich, R.; Kretzschmar, H.-J.; Herrmann, S.; Umlauf, T.: Erfolgsmodell Facharbeitskreis Technische Thermodynamik Sachsen. HDS. Journal, 2020, 2020,1, 34-37.
- [9] Breitkopf, C.; Pinnau, S.; Lorenz, T.: VirtuaLab - Das virtuelle Labor - Aufbau einer interaktiven Lernplattform für Praktika der Thermodynamik. HDS. Journal, 2020, 2020,2, S. 32-40.
- [10] Breitkopf, C. et al.: Thesenpapier zur digitalen Hochschulbildung. Hochschuldidaktisches Zentrum Sachsen, Universität Leipzig + Arbeitskreis E-Learning der Landesrektorenkonferenz Sachsen (2021).
- [11] Breitkopf, C., Grau, C., Pinnau, S., Lorenz, T.: Virtuelle Praktikumsplattform Thermodynamik. Workshop on e-Learning WEL Görlitz, Vortrag. 22.9.2022. <https://zfe.hszg.de/wel-1>