

# Kompetenzorientiertes E-Assessment im MINT-Bereich am Beispiel der Technischen Thermodynamik

Ronny Freudenreich, Cornelia Breitkopf, Sebastian Herrmann,  
Hans-Joachim Kretschmar & Timon Umlauf

---

Ronny Freudenreich • Hochschule Zittau/Görlitz, Lehrpraxis im Transfer plus • [ro.freudenreich@hszg.de](mailto:ro.freudenreich@hszg.de)  
Cornelia Breitkopf • Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen • [cornelia.breitkopf@tu-dresden.de](mailto:cornelia.breitkopf@tu-dresden.de)  
Sebastian Herrmann • Hochschule Zittau/Görlitz, Fakultät Maschinenwesen • [s.herrmann@hszg.de](mailto:s.herrmann@hszg.de)  
Hans-Joachim Kretschmar • Hochschule Zittau/Görlitz, Fakultät Maschinenwesen • [hj.kretschmar@hszg.de](mailto:hj.kretschmar@hszg.de)  
Timon Umlauf • Technische Universität Bergakademie Freiberg, Lehrpraxis im Transfer plus •  
[timon.umlauft@grafa.tu-freiberg.de](mailto:timon.umlauft@grafa.tu-freiberg.de)

## ABSTRACT

Im Projekt „thermoE“ wurde in den vergangenen Jahren ein Verfahren zur Erstellung von mathematisch-methodischen elektronischen Testaufgaben mit der ONYX-Testsuite entwickelt. thermoE ermöglicht eine automatisierte Überprüfung MINT-typischer Komplexaufgaben sowie die zur Lösung nötigen methodischen Fähigkeiten und theoretischen Kenntnisse. thermoE gibt den Lernenden ein direktes Feedback zu deren Wissensstand und hilft, den Lernprozess effektiv und effizient zu gestalten. Auf diese Weise können viele Vorteile des E-Learnings zur Förderung selbstgesteuerter Lernprozesse im MINT-Bereich besser genutzt und in das Studium integriert werden. Der vorliegende Beitrag stellt das Konzept und aktuelle Evaluationsergebnisse vor.

*Schlagwörter: E-Learning; Online-Übung; MINT; Technische Thermodynamik*

## 1. ZIELSTELLUNG DES PROJEKTES

Die Digitalisierung der Hochschullehre ermöglicht neue Ansätze, um u. a. den Studienerfolg zu unterstützen. Die Technische Universität Dresden (Professur für Technische Thermodynamik) und die Hochschule Zittau / Görlitz (Fakultät Maschinenwesen) beschäftigen sich seit mehreren Jahren mit der Erstellung und dem Einsatz kompetenzorientierter E-Assessments in der Technischen Thermodynamik. In dem Projekt *thermoE* wurde ein Verfahren zur Erstellung von mathematisch-methodischen, elektronisch bearbeitbaren Testaufgaben (E-Testaufgaben) mit der ONYX-Testsuite innerhalb des sächsischen Lernmanagementsystems *OPAL* entwickelt. Damit wurden die mathematisch-methodischen Komplexaufgaben im MINT-Bereich, deren Lösung ein schrittweises Vorgehen und die Bearbeitung mehrerer, miteinander verknüpfter Teilaufgaben erfordert, als E-Assessment abbildbar und die automatische Überprüfung der Teilergebnisse sowie des Lösungsansatzes, der sich in der Regel aus mehreren Einzelschritten zusammensetzt, ermöglicht. *thermoE* gibt den Lernenden ein direktes Feedback zum Wissensstand und

hilft, den Lernprozess effektiv und effizient zu gestalten. Auf diese Weise können viele Vorteile des E-Learnings besser genutzt, d. h. Formate zur Förderung selbstgesteuerter Lernprozesse in das Studium integriert, der Korrekturaufwand reduziert und damit mehr Zeit für die Begleitung der Studierenden gewonnen werden.

## 2. ERSTELLUNG UND DURCHFÜHRUNG VON KOMPETENZORIENTIERTEN E-ASSESSMENTS

Bei der Erstellung von E-Assessments gilt es, Testfragen zu entwickeln, die geeignet sind, die in den Modulzielen fokussierten Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen zu überprüfen. Im MINT-Bereich erfolgt die Überprüfung oft anhand von anwendungsnahen Berechnungsaufgaben. Im Unterschied zu anderen Assessments, die meist auf eine ausschließliche Überprüfung von Endergebnissen ausgerichtet sind, ermöglicht *thermoE* eine Überprüfung des Rechenweges sowie die zur Lösung nötigen methodischen Fähigkeiten und theoretischen Kenntnisse. Es erfolgt eine schrittweise Abfrage von Zwischen- und Endergebnissen, Formeln und theoretischen Zusammenhängen, die den Lösungsprozess im Selbststudium unterstützen. Außerdem werden Links zu weiterführenden Informationen bereitgestellt.

Die Herausforderung während der letzten Jahre bestand darin, die komplexen, fachtypischen analogen Aufgabenstellungen in die E-Assessment-Software ONYX unter Nutzung der dort verfügbaren Aufgabentypen zu überführen. Diese verfügbaren Aufgabentypen sollten so organisiert werden, dass eine automatisierte Auswertung der von den Studierenden erarbeiteten Lösungen möglich ist. Komplexaufgaben, deren Lösung ein schrittweises Vorgehen und die Bearbeitung mehrerer, miteinander verknüpfter Teilaufgaben erfordert, bringen hierbei besondere Anforderungen mit sich (Freudenreich et al. 2014, 63–74). Zur Überprüfung der zur Lösung der Teilaufgaben nötigen Fähigkeiten, wird die Komplexaufgabe um mehrere automatisiert auswertbare E-Assessment-Fragen ergänzt (Freudenreich, Breitkopf & Kretzschmar 2016, 49–58).

Für Grundlagenmodule der Technischen Thermodynamik stehen anwendungsbezogene Fähigkeiten in Bezug auf verschiedene thermodynamische Zusammenhänge sowie der Umgang mit Formeln und Stoffwerttabellen zur Ermittlung von spezifischen Kennwerten im Fokus. Dementsprechend kommen zur Überprüfung der hierfür relevanten Fähigkeiten verschiedene Komplexaufgaben zum Einsatz, die durch folgende E-Assessment-Fragen systematisch ergänzt werden:

**Abb. 1: Übersicht über E-Assessment-Fragen zur Förderung der Überprüfung anwendungsbezogener Fähigkeiten**

Fähigkeit	E-Assessment-Frage (Beispiel)
Zuordnen thermodynamischer Zusammenhänge.	Welche der folgenden Antworten beschreibt das dargestellte System? [Kreuzen Sie die richtig(en) Lösung(en) an.]
Anwenden von Berechnungsformeln.	Welche Formel haben Sie zu Berechnung von X verwendet? (Geben Sie die Formelnummer aus der Formelsammlung an.)
Ermitteln von Stoffwerten, die für die Berechnung nötig sind (Ablezen aus Tabelle).	Welchen Zahlenwert haben Sie für X ermittelt? (Geben Sie den Zahlenwert an.)
Berechnen von Zwischen- und Endergebnissen (in der vorgegebenen Maßeinheit).	Welchen Zahlenwert haben Sie für X ermittelt? (Geben Sie den Zahlenwert in der geforderten Maßeinheit an.)

Die Durchführung eines E-Assessments sieht an der Hochschule Zittau / Görlitz folgende Vorgehensweise vor: Im ersten Schritt erhält der\_ die Studierende die Aufgabenstellung der Komplexaufgabe und löst die dort enthaltenen Teilaufgaben selbstständig papierbasiert bzw. softwaregestützt. Im zweiten Schritt werden die erarbeiteten Lösungen und der Lösungsweg (Abfrage verwendeter Formeln, Stoffwerte und theoretischer Grundlagen) mit der E-Assessmentsoftware ONYX überprüft. Der\_ Die Studierende beantwortet zu diesem Zweck die zur Komplexaufgabe zugehörigen E-Assessment-Fragen in der ONYX-Testsuite und erhält eine direkte Rückmeldung. Entsprechend dem didaktischen Konzept und den Modulzielen kann die Rückmeldung z. B. Hinweise zu weiteren Lernhandlungen beinhalten oder nur einen Hinweis zur Qualität (richtig / falsch) der eingegebenen Lösung anzeigen, was eine entsprechende Transferleistung vom Studierenden erfordert.

An der Technischen Universität Dresden liegt ein an die Vorlesung angepasster Fragen- und Aufgabenkatalog vor, der von den Studierenden selbstständig in Vorbereitung der Präsenzübungen zu erarbeiten ist. Fragen können dazu in den Übungen gestellt werden. Aufgrund der zahlenmäßig größeren Studierendengruppe läuft das Assessment ausschließlich online ab.

### 3. ERGEBNISSE DER ERPROBUNG

*thermoE* wird seit dem Wintersemester 2013 / 14 in der Lehre an der Technischen Universität Dresden (Professur für Technische Thermodynamik) und der Hochschule Zittau / Görlitz (Fakultät Maschinenwesen) in unterschiedlichen Szenarien erfolgreich eingesetzt, in verschiedenen Folgeprojekten an weitere Universitäten und Fachhochschulen überführt und weiterentwickelt. *thermoE* bildet die Basis für diagnostische Assessments zur Unterstützung von Studierenden bei der Wahl von Modulen und Seminargruppen. Es wurden Online-Übungen zur Förderung des selbstgesteuerten Lernens realisiert und spezifisch an die jeweilige Hochschulsituation angepasste

Formate umgesetzt, z. B. *thermoSA* (Technische Universität Dresden; vgl. Breitkopf 2015), *thermoSOL* (Hochschule Zittau / Görlitz; vgl. Freudenreich, Kretzschmar & Herrmann 2019, 255–260) und *thermoACTIVE* zur aktiven Verständnissicherung und differenzierten Leistungsförderung (Technische Universität Bergakademie Freiberg, Hochschule Zittau / Görlitz; vgl. Fieback et al. 2019, 25–28). Im Rahmen des ESF-Projektes „*thermoE<sup>int</sup>* – E-Assessment für Internationale Studierende im Maschinenbau am Beispiel der Grundlagenvorlesung Technische Thermodynamik als Pilot für Mathematik-orientierte Fächer an der Technischen Universität Dresden“ (Breitkopf, Grau & Banos García 2017, 263–270) erfolgte darüber hinaus eine Erprobung im internationalen Kontext mit Blick auf die Vorbereitung auf Auslandsaufenthalte bzw. eine verbesserte Einbindung ausländischer Studierender.

Die Ergebnisse der Projekte und der durchgeführten Lehrevaluationen bestätigten die Eignung von *thermoE* zur Umsetzung kompetenzorientierter E-Assessments im MINT-Bereich. Nahezu alle befragten Studierenden schätzen insbesondere die Möglichkeit der zeit- und ortsunabhängigen Bearbeitung der Übungen als vorteilhaft ein. Das Übungsangebot wurde zur Vor- / Nachbereitung der Präsenzveranstaltungen, zum kontinuierlichen Training im Semesterverlauf sowie zur Vorbereitung auf die Abschlussklausur verwendet. Nahezu alle Befragten bewerteten die schnelle Ergebnismeldung als vorteilhaft für das Lernen. Es hat sich gezeigt, dass das Übungsformat gut geeignet ist, um die Studierenden unabhängig vom individuellen Wissensstand, Lerntempo, Lernort bzw. Lernzeitpunkt dabei zu unterstützen, Wissenslücken zu schließen. Es trägt dazu bei, die Studierenden frühzeitig im Semester zu aktivieren und die Motivation zur selbstorganisierten Lernprozessunterstützung zu erhöhen. Der Studienerfolg konnte im Vergleich zu den Vorjahren (ohne *thermoE*-Übung) gesteigert werden (Freudenreich et al. 2018, 180–182). Die vielfältigen Szenarios, in denen *thermoE* zum Einsatz kommt, verdeutlichen die Möglichkeiten, die durch E-Assessments im MINT-Bereich erschlossen werden konnten, und zeigen, dass *thermoE* auf andere Standorte, Fächer und Software-Systeme

übertragbar ist (Fieback et al. 2019, 25–28; Freudenreich, Kretzschmar & Herrmann 2019, 255–260). 90 Prozent der Teilnehmer wünschen sich ähnliche Übungsformate auch in anderen Modulen.

Das Ziel, mehr Zeit für die individuelle Betreuung der Lernenden zu erreichen, konnte aufgrund der ressourcenintensiven Content-erstellung bisher nur teilweise erreicht werden. Es zeigt sich jedoch, dass der Großteil der entwickelten Lerninhalte mit wenig Aufwand wiederverwendbar ist und daher zukünftig mit freien Ressourcen für die Betreuung der Studierenden gerechnet werden kann.

## LITERATUR:

- Breitkopf, Cornelia (2015): thermoE und thermoSA – Erfahrungen in der Umsetzung von E-Assessment in der Vorlesung Technische Thermodynamik im WS 2013/14 und WS 2014/15. E-Teaching-Day an der TU Dresden 2015. [online] [https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/tt/ressourcen/dateien/thermoE/projektergebnisse/thermoSA\\_etd\\_2015](https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/tt/ressourcen/dateien/thermoE/projektergebnisse/thermoSA_etd_2015) [03.02.2020].
- Breitkopf, Cornelia, Grau, Constantino & Banos García, Oscar (2017): thermoE<sup>int</sup>: Building E-Assessment Content for the Integration and Success of International Students in STEM Fields. In: EUNIS (Hrsg.): *Book of Proceedings. EUNIS 23rd Annual Congress. Shaping the Digital Future of Universities*. Münster: EUNIS, 263–270.
- Fieback, Tobias, Wulf, Rhena, Freudenreich, Ronny, Kretzschmar, Hans-Joachim & Umlauf, Timon (2019): thermoACTIVE. Ein didaktisches Konzept zur aktiven Verständnissicherung und differenzierten Leistungsförderung in der Technischen Thermodynamik. In: *HDS.Journal* 2019 SoTL-Berichte, Werkstattberichte, Modul-3-Projekt-Editon Lehrpraxis im Transfer plus, 25–28.
- Freudenreich, Ronny, Lorenz, Torsten, Pachtmann, Katrin, Breitkopf, Cornelia, Kretzschmar, Hans-Joachim & Köhler, Thomas (2014): thermoE. Erstellung mathematisch geprägter E-Prüfungsaufgaben in ONYX am Beispiel der Technischen Thermodynamik. In: Kawalek, Jürgen, Hering, Klaus & Schuster, Enrico (Hrsg.): *Tagungsband zum 12. Workshop on e-Learning*. Görlitz: Wissenschaftliche Berichte der Hochschule Zittau / Görlitz, Nr. 121-2014, 63–74.
- Freudenreich, Ronny, Breitkopf, Cornelia & Kretzschmar, Hans-Joachim (2016): E-AssessMINT. Elektronische Übungen im MINT-Bereich. In: Kawalek, Jürgen, Hering, Klaus & Schuster, Enrico (Hrsg.): *Tagungsband zum 14. Workshop on e-Learning*. Görlitz: Wissenschaftliche Berichte der Hochschule Zittau/Görlitz, Nr. 129-2016, 49–58.
- Freudenreich, Ronny, Grau, Constantino, Breitkopf, Cornelia & Kretzschmar, Hans-Joachim (2018): thermoE. Ein Verfahren zur Erstellung elektronischer Übungsaufgaben im MINT-Bereich. In: Kamasch, Gudrun & Petzold, Jürgen (Hrsg.): *Digitalisierung in der Techniklehre. Ihr Beitrag zum Profil technischer Bildung. Wege zu technischer Bildung*. Ilmenau: Referate der 12. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2017, 177–182.
- Freudenreich, Ronny, Kretzschmar, Hans-Joachim & Herrmann, Sebastian (2019): thermoSOL. Ein integrierter Workshopansatz zur Unterstützung selbstorganisierter Lernprozesse im Modul Technische Thermodynamik. In: Kamasch, Gudrun & Petzold, Jürgen (Hrsg.): *Diversität und Kulturelle Vielfalt. Differenzieren, Individualisieren oder Integrieren? Wege zu technischer Bildung*. Bochum: Referate der 13. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2018, 255–260.