

Abschlussbericht zum Projekt  
*Einführung von WeBWorK in die mathematische Lehre im  
deutschsprachigen Raum*  
im Rahmen des Programmes  
*Fellowships für Innovationen in der digitalen Hochschullehre*  
des Ministeriums für Kultur und Wissenschaft des  
Landes Nordrhein-Westfalen und des Stifterverbandes

Florian Heiderich  
Universität Siegen

Juni 2019

## 1 Beschreibung der Lehrinnovation

Digitale Medien erfreuen sich gegenwärtig beim Lehren und Lernen großer Beliebtheit. Dabei wird in den meisten Fällen das Vermitteln von Inhalten, das traditionell in Präsenzveranstaltungen stattfindet, (teilweise) digitalisiert, wie beispielsweise in MOOCs oder im *inverted classroom*. Daneben kommen oft auch digitale Werkzeuge zum Einsatz, um den Lernfortschritt zu kontrollieren. Oft beschränken sich diese auf Multiple-Choice-Aufgaben oder erfordern die exakte Eingabe von definierten Zeichenketten. Im Bereich der Mathematik sind derartige Werkzeuge zur Kontrolle des Lernfortschrittes nur von sehr beschränktem Nutzen, da sich mathematische Objekte oft in verschiedenen Formen äquivalent beschreiben lassen. Daher ist eine *mathematische Interpretation* der Eingaben der Studierenden wünschenswert. Betrachten wir beispielsweise die Frage

Was ist die Ableitungsfunktion von  $f(x) = \frac{1}{3}x^3 + x^2 + x$ ?

Die Ableitung der Funktion  $f$  ist durch  $f'(x) = x^2 + 2x + 1$  gegeben. Sie lässt sich aber auch darstellen als  $f'(x) = (x + 1)^2$ . Ein Aufgabensystem sollte daher sowohl

$$x^2 + 2x + 1$$

als auch

$$(x + 1)^2$$

als richtige Eingaben der Antwort akzeptieren.

Diese Interpretation sollte *kontextabhängig* erfolgen. Um dies einzusehen, betrachten wir die Aufgabe

Faktorisieren Sie  $x^2 + 2x + 1$ .

Sie lässt  $(x + 1)^2$  und  $(-x - 1)^2$  als richtige Antworten zu. Entsprechend sollte ein Aufgabensystem

$$(x + 1)^2$$

und

$$(-x - 1)^2$$

als richtige Antwort akzeptieren, nicht aber

$$x^2 + 2x + 1.$$

wie bei der zuvor genannten Aufgabe.

Wir halten fest, dass ein bloßer Vergleich von Zeichenketten oft nicht geeignet ist, um die Richtigkeit der Eingabe einer Antwort auf eine mathematische Frage zu beurteilen, sondern dass eine Aufgabenplattform die Eingaben des Nutzers *kontextabhängig mathematisch interpretieren* sollte.

Ein weiteres Problem, nicht nur bei der Verwendung von digitalen Aufgabenplattformen, ist die Möglichkeit, dass Lernende die Aufgaben nicht selbstständig bearbeiten, sondern die Lösungen anderer kopieren. Viele mathematische Aufgaben lassen sich leicht variieren ohne dass sich ihre Schwierigkeit dabei wesentlich ändert. Ersetzt man beispielsweise in der Aufgabe „Bestimmen Sie die Ableitungsfunktion der Funktion  $f(x) = e^{3x}$ “ die Funktion  $f$  durch  $f(x) = e^{4x}$ , so bleibt ihre Schwierigkeit im Wesentlichen unverändert. Der Einsatz einer digitalen Aufgabenplattform ermöglicht die Zuweisung verschiedener Instanzen der gleichen Aufgabe an die Lernenden. So kann für jeden Lernenden eine Zufallszahl  $n$  innerhalb einer festgelegten Menge bestimmt werden und der Lernende erhält die Aufgabe, die Ableitungsfunktion von  $f(x) = e^{nx}$  zu bestimmen. Viele Aufgaben lassen sich auf ähnliche Weise parametrisieren und ein blindes Kopieren von Lösungen lässt sich so verhindern oder zumindest deutlich erschweren. Da alle Lernenden Aufgaben vom gleichen Typ erhalten, ist

eine Zusammenarbeit der Lernenden beim Lösen der Aufgaben dennoch möglich.

Eine Aufgabenplattform, die parametrisierte Aufgaben als auch die kontextabhängige Interpretation von Eingaben der Lernenden unterstützt, ist die auf mathematische Aufgaben spezialisierte Online-Aufgabenplattform WeBWorK. Sie wird als Open Source Software entwickelt und verfügt über eine frei verfügbare Bibliothek von inzwischen über 37.000 Aufgaben, die Open Problem Library.

Das langfristige Projektziel besteht in der Einführung von WeBWorK in die mathematische Lehre im deutschsprachigen Raum.

WeBWorK sollte zunächst in ausgewählten Lehrveranstaltungen an der Universität Siegen getestet und evaluiert werden. In diesem Rahmen sollten ausgewählte Aufgaben aus der zu WeBWorK gehörenden englischsprachigen Open Problem Library ins Deutsche übersetzt werden. Diese sollten die Grundlage einer deutschsprachigen Aufgabenbibliothek als Schwesterprojekt zur Open Problem Library bilden. Es ist die Absicht, dass Lehrende über diese Bibliothek Aufgaben austauschen und optimieren können. Mit der Verwendung offener Bildungsressourcen (Open Educational Resources) folgen wir den Empfehlungen der „Pariser Erklärung“ [3] und den Bestrebungen der Bundesregierung<sup>1</sup> sowie des BMBF<sup>2</sup>. Die Sicherung der Qualität dieser Aufgabenbibliothek soll durch einen redaktionellen Beirat sichergestellt werden, der die Qualität von zur Aufnahme in die Bibliothek vorgeschlagene Beiträge im Rahmen eines Peer-Review-Verfahrens prüft.

## **2 Erreichung der mit der Lehrinnovation verfolgten Ziele**

Es wurde zunächst ein Server für den Betrieb von WeBWorK an der Universität Siegen beschafft, WeBWorK darauf installiert und notwendige Anpassungen an WeBWorK für den Einsatz im deutschsprachigen Raum wurden vorgenommen. Dieser Server ist seit März 2017 in Betrieb.

---

<sup>1</sup>In Abschnitt 1.2 des Koalitionsvertrages der 18. Wahlperiode des Bundestages [1] heißt es: „Schulbücher und Lehrmaterial auch an Hochschulen sollen, soweit möglich, frei zugänglich sein, die Verwendung freier Lizenzen und Formate ausgebaut werden.“ In Abschnitt IV.5 des Koalitionsvertrages der 19. Wahlperiode des Bundestages [2] heißt es „Im Rahmen einer umfassenden Open Educational Resources-Strategie wollen wir die Entstehung und Verfügbarkeit, die Weiterverbreitung und den didaktisch fundierten Einsatz offen lizenzierter, frei zugänglicher Lehr- und Lernmaterialien fördern und eine geeignete Qualitätssicherung etablieren.“

<sup>2</sup>Vgl. Richtlinie zur Förderung von Offenen Bildungsmaterialien (Open Educational Resources - OERinfo). BAnz vom 15.01.2016

In Zusammenarbeit mit dem Datenschutzbeauftragten und dem Zentrum für Informations- und Medientechnologie der Universität Siegen wurde ein Verzeichnis erstellt, um den Erfordernissen des Landesdatenschutzgesetzes beim Einsatz von WeBWorK und dessen Anbindung an die Moodle Instanz der Universität Siegen gerecht zu werden.

Es wurden Veranstaltungen für den sinnvollen Einsatz von WeBWorK an der Universität Siegen identifiziert. Aufgrund des hohen Übungsbedarfs und des Umfangs an bereits existierenden englischsprachigen Aufgaben wurden mathematische Vorkurse an den Fakultäten III (Wirtschaftswissenschaften, Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsrecht) und IV (Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät) sowie die Vorlesung „Lineare Algebra 1“ ausgewählt. Geeignete Aufgaben aus der englischsprachigen und frei verfügbaren Open Problem Library wurden für den Einsatz in diesen Veranstaltungen ausgewählt und anschließend ins Deutsche übersetzt. Die Übersetzung erfolgte im Wesentlichen durch studentische Hilfskräfte. Um den besonderen Erfordernissen einiger Veranstaltungen gerecht zu werden, wurden darüber hinaus neue Aufgaben für WeBWorK erstellt. Einige dieser Aufgaben wurden ebenfalls durch studentische Hilfskräfte erstellt.

Es wurde eine Taxonomie zur Strukturierung einer deutschsprachigen Bibliothek von WeBWorK-Aufgaben erstellt und die übersetzten Aufgaben mit entsprechenden Metadaten versehen.

Der Einsatz von WeBWorK in den ausgewählten Lehrveranstaltungen wurde evaluiert. Abbildung 1 zeigt exemplarisch einen Teil der Evaluierung des Einsatzes von WeBWorK in der Vorlesung „Lineare Algebra 1“, die Prof. Dr. Mohamed Barakat im Wintersemester 2017/18 an der Universität Siegen hielt.

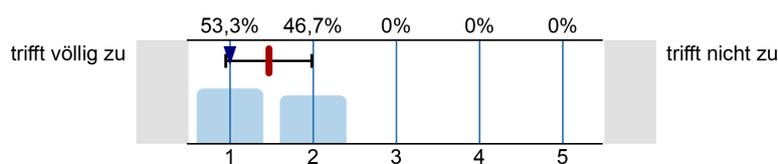


Abbildung 1: Evaluierungsergebnis zur Aussage „Die WeBWorK Aufgaben sind ein hilfreiches Zusatzangebot“ im Rahmen der Evaluierung der Übungen zur Vorlesung „Lineare Algebra 1“ von Prof. Dr. Mohamed Barakat im Wintersemester 2017/18 an der Universität Siegen

Beim Einsatz der WeBWorK-Aufgaben traten nur sehr selten technische Probleme auf, die allesamt zeitnah behoben werden konnten. In einigen regelmäßig stattfindenden Veranstaltungen konnte WeBWorK bereits mehrfach eingesetzt werden. Dabei hat sich der Aufwand für die Lehrenden beim wiederholten Einsatz deutlich reduziert.

Es wurde ein Prototyp eines Algorithmus zur Analyse anonymisierter Lerndaten beim Einsatz mathematischer Aufgaben entwickelt. Damit können für bestimmte Aufgabentypen systematische Fehler von Lernenden automatisiert beschrieben werden.

WeBWorK und die zugehörigen Aufgabenbibliotheken wurden auf nationalen Veranstaltungen vorgestellt, im Jahr 2017 unter anderem auf der elearn.nrw an der Universität Duisburg-Essen, auf der Lehr-/Lernkonferenz des Stifterverbandes in Berlin sowie auf OERcamps an der TH Köln, der Universität Hamburg und in Berlin (Pfefferberg Haus 13). Im Jahr 2018 folgten weitere Präsentationen auf der 3. Gemeinsamen Jahrestagung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung und der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik an der Universität Paderborn, auf der elearn.nrw an der Universität Duisburg-Essen, beim Workshop „E-Learning in der Mathematik“ an der FH Bielefeld, im Rahmen des Netzwerktreffens 2018 des Hochschulforums Digitalisierung im Allianz Forum in Berlin sowie bei weiteren OERcamps.

Vor Beginn dieses Projektes war dem Berichterstatter kein Einsatz von WeBWorK in der Bundesrepublik Deutschland bekannt. Als Folge der oben genannten Präsentationen wird WeBWorK seit 2018 auch an der Hochschule Düsseldorf sowie seit 2019 auch an der Universität Duisburg-Essen eingesetzt. Ferner ist ein Einsatz an der Hochschule Anhalt dokumentiert.

Zusammenfassend ist im Rahmen dieses Projektes WeBWorK zunächst in die mathematische Lehre an der Universität Siegen eingeführt worden. Mit der oben erwähnten Nutzung an weiteren Hochschulen hat die Verstetigung des Einsatzes von WeBWorK im deutschsprachigen Raum begonnen. Insofern kann das Hauptprojektziel als erreicht angesehen werden.

### **3 Lessons learnt**

WeBWorK wurde an der Universität Siegen in unterschiedlichen Szenarien erprobt. Unsere Erfahrungen beim Einsatz von WeBWorK in Form von vorlesungsbegleitenden Übungsaufgaben waren durchweg sehr positiv. Der Einsatz in Vorkursen bringt eigene Herausforderungen mit sich.

Prinzipiell bieten digitale Übungsaufgaben Studierenden einen größeren individuellen Spielraum bei der Gestaltung ihrer Lernzeiten. Normalerweise werden in WeBWorK Aufgaben zu einem vorgegebenen Datum geöffnet und sind mit einer vordefinierten Abgabefrist versehen. Im Kontext von Lehrveranstaltungen, die sich über einen längeren Zeitraum, etwa ein gesamtes Semester, erstrecken ist die Gestaltung dieser Daten normalerweise unproblematisch. In zeitlich kompakten Kursen ist dies mit

größeren Herausforderungen bei der Koordination verbunden. In vielen Lernsituationen ist es wünschenswert Studierenden Inhalte zunächst zu vermitteln und erst anschließend Aufgaben zu diesen Inhalten zu stellen. Dies beeinflusst den Zeitpunkt, zu dem Aufgaben geöffnet werden. Hinsichtlich der Abgabefrist digitaler Übungsaufgaben spricht für kurze Bearbeitungszeiträume die daraus teilweise resultierende Motivation bei den Studierenden, sich zeitnah mit den Inhalten und Aufgaben auseinanderzusetzen. Ein Argument für längere Bearbeitungszeiten ist es, so auch Studierenden, die nicht seit Beginn an Kursen teilnehmen, noch Übungsmöglichkeiten zu bieten.

Ferner hat sich gezeigt, dass beim gleichzeitigen Einsatz von traditionellen Übungsblättern und von WeBWorK-Aufgaben eine gute Abstimmung beider Angebote aufeinander zu einer höheren Akzeptanz bei Studierenden führt. Unsere Erfahrung zeigt, dass es wichtig ist Studierende nicht mit zu vielen Aufgaben zu konfrontieren, wozu umfangreiche Aufgabenbibliotheken leicht verleiten können. Dies gilt insbesondere für zeitlich stark komprimierte Kurse, wie Vorkurse.

Beim Einsatz von WeBWorK in der Linearen Algebra ist der Wunsch entstanden, WeBWorK auch in darauf aufbauenden Lehrveranstaltungen über algebraische Themen einzusetzen. Für die Evaluierung der Antworten von Lernenden sind dann zunehmend komplexere Algorithmen notwendig. Diese sind nicht immer in WeBWorK selbst implementiert. WeBWorK besitzt Schnittstellen zu SageMath und R, wodurch viele wichtige Algorithmen in WeBWorK verfügbar sind. Darüber hinaus wäre eine Anbindung von WeBWorK an weitere (spezialisierte) Computeralgebrasysteme wünschenswert.

## 4 Verstetigung der Lehrinnovation

WeBWorK wird seit der Einführung im Rahmen dieses Projektes nicht nur in Vorlesungen im Bachelor- und Masterstudium Mathematik sowie in Vorkursen der Fakultät IV (Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät) und der Fakultät III (Wirtschaftswissenschaften, Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsrecht) an der Universität Siegen eingesetzt, sondern seit 2018 von der Hochschule Düsseldorf und seit 2019 auch von der Universität Duisburg-Essen genutzt. Am Department Bauingenieurwesen der Universität Siegen wurden ferner WeBWorK-Aufgaben zum Thema Stahlverbundbau erstellt. Der Einsatz in Vorlesungen über Mathematik für Studierende der Wirtschaftswissenschaften an der Universität Siegen ist für das Wintersemester 2019/2020 geplant.

## 5 Übertragung der Lehrinnovation auf andere Lehr-/Lernsituationen

In WeBWorK lassen sich nicht nur rein mathematische Aufgaben abbilden. Der Einsatz in anderen Disziplinen, in denen mathematische Aufgaben vorkommen, ist ebenso möglich. Hier sind insbesondere die Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften zu nennen. So enthält die WeBWorK Open Problem Library neben Aufgaben zur Mathematik unter anderem auch Aufgaben zu Themen aus den Bereichen Statik, Dynamik, Mechanik von Materialien, Vibrationen, Fluidodynamik, elektrische Schaltungen, Thermodynamik, sowie Informatik. Einem Einsatz von WeBWorK in diesen Disziplinen steht prinzipiell auch im deutschsprachigen Raum nichts im Wege. Die oben bereits erwähnte Entwicklung von WeBWorK-Aufgaben zum Thema Stahlverbundbau an der Universität Siegen ist als weiteres Beispiel für den Einsatz von WeBWorK außerhalb der Mathematik zu nennen.

### Literatur

- [1] CDU, CSU, and SPD. Deutschlands Zukunft gestalten, Koalitionsvertrag der 18. Wahlperiode des Bundestages zwischen CDU, CSU und SPD, 2013.
- [2] CDU, CSU, and SPD. Ein neuer Aufbruch für Europa, Eine neue Dynamik für Deutschland, Ein neuer Zusammenhalt für unser Land, Koalitionsvertrag der 18. Wahlperiode des Bundestages zwischen CDU, CSU und SPD, 2018.
- [3] UNESCO. Paris Declaration on Open Educational Resources, 2012.