

Klaus Giebermann & Nina Friese

MathWeb – interaktives Lernen in Mathematikmodulen

Zusammenfassung

MathWeb ist ein webbasiertes System zur Ergänzung der Mathematik-Grundvorlesung, welches an der Hochschule Ruhr West entwickelt und eingesetzt wird. Ziel ist die Nutzung neuer interaktiver Medien, um Studierende weg von einer reinen Konsumhaltung hin zu einer aktiven Teilnahme und wirklichen Auseinandersetzung mit dem Lernstoff der Mathematik zu führen. Es werden interaktive Demonstrationen und Aufgaben bereitgestellt, die es den Studierenden erlauben, das Gelernte anzuwenden und durch eine sofortige Rückmeldung mögliche Lücken zu erkennen oder – bei richtiger Beantwortung – durch dieses direkte Erfolgserlebnis das Selbstvertrauen und die Lernmotivation zu stärken. Ein darauf basierendes Online-Coach-System unterstützt die Studierenden bei der gezielten, selbstbestimmten Vorbereitung auf die Prüfungen. Fragen an die Dozentin bzw. den Dozenten können über eine digitale Sprechstunde geklärt werden. Die Elemente kommen sowohl in den Vorlesungen und Übungen als auch in den Selbstlernphasen zum Einsatz. MathWeb wird somit übergreifend verwendet, um den Lernprozess in jeder Phase begleitend zu unterstützen.

Schlüsselwörter

interaktives Lernen, Feedback, Online-Coach, digitale Sprechstunde, Learning Analytics

1 Die Problemstellung

An der Hochschule Ruhr West, wie an den meisten anderen deutschen Hochschulen, sind die Grundlagenmodule *Mathematik I* und *Mathematik II* verpflichtend für Studierende der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge. Die Studierendenschaft zeichnet sich durch eine starke Heterogenität aus, vor allem in Bezug auf die mathematischen Vorkenntnisse, aber auch auf die Lernmotivation, die Leistungsbereitschaft, den sozialen und kulturellen Hintergrund, die Grundkenntnisse und die Lernstrategien. Viele Studierende der Hochschule Ruhr West sind *first generation students* (Miethe, Boysen, Grabowski, & Kludt, 2014). Sie kommen nicht aus einem Akademikerhaushalt und sind die ersten in der Familie, die ein Studium aufnehmen. Befragungen und Beobachtungen an der Hochschule Ruhr West zeigen, dass generell zahlreiche Studierende erst kurz vor der Prüfung anfangen, intensiv zu lernen. Die Gründe mögen vielfältig sein: Es fehlen passende Lernstrategien, die eigenen Fähigkeiten werden falsch eingeschätzt oder die Vorteile eines kontinuierlichen Lernens, z. B. durch Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltung, sind für die Studienanfängerinnen und Studienanfänger keineswegs plausibel.

Bei den Lernaktivitäten der Studierenden kurz vor Semesterende geht es darum, die Prüfung zu bestehen. Ein tiefes Verstehen oder Hinterfragen von Zusammenhängen und Bezügen findet in dieser Phase selten statt. Eine nachhaltige Wissensgenerierung im Sinne eines *deep learning approach* (Biggs & Tang, 2007; Entwistle & Ramsden, 2015; Marton & Säljö, 1976) kann kaum konstatiert werden. Diese Beobachtungen gelten nicht nur für die mathematischen Fächer, sondern für alle Module in den ersten Semestern, in denen die didaktischen Konzepte kein kontinuierliches Lernen erfordern. Zudem nehmen während der Studieneingangsphase die Mathematik-Grundvorlesungen, welche Pflichtveranstaltungen für Studierende der Ingenieurwissenschaften und der Betriebswirtschaftslehre sind, einen großen Raum ein. Wie kein anderes Fach baut die Mathematik dabei auf dem schulischen Vorwissen der Studierenden auf. Und gerade hier zeigen sich oft fachliche Lücken, die im Rahmen einer inhaltlich komprimierten Mathematikvorlesung nur teilweise geschlossen werden können. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Studierenden das Fach *Mathematik* nicht ausgesucht haben, sondern zum Besuch im Rahmen der Studienordnung verpflichtet sind. Das kann die Begeisterung und Motivation für dieses Fach, nach eigenen Aussagen der Studierenden, erheblich einschränken.

Wie dies an Hochschulen und Universitäten üblich ist, findet das Lehren und Lernen in den ersten Semestern in großen Studierendengruppen statt. Hier werden klassische Veranstaltungsformen aus der Vorlesung und Übung eingesetzt, bei denen Aufgaben von Lehrenden vorgerechnet werden. Die Studierenden vollziehen diese Aufgaben geistig nach und schreiben mit, rechnen aber kaum selbst. Einige Studierende können auf diese Art gut lernen, andere brauchen zudem eine praktische Anwendung, um die dargebotenen theoretischen Wissensinhalte zu verstehen und den Transfer auf ähnliche und komplexere Aufgabenstellungen zu meistern. Darüber hinaus werden neben den genannten auditiv-visuellen und haptischen weitere sogenannte Lerntypen (Falk-Frühbrodt, 2016; Schröder-Naef, 1992; Vester, 1975) beschrieben. Keiner dieser Lerntypen ist per se besser oder schlechter als der andere. Die klassische Lehre an Hochschulen kommt allerdings häufig dem auditiv-visuellen Typ entgegen. Wie oben beschrieben, sind die Studierenden sehr heterogen und Lernen funktioniert bei ihnen auf unterschiedliche Art und Weise. Diesen unterschiedlichen

Lernbedürfnissen der Studierenden kann durch einen Mix an Methoden entgegengekommen werden, so dass jede und jeder Lehrszenarien vorfindet, die ihr oder ihm entsprechen. Dies soll durch die Nutzung von MathWeb mit unterstützt werden. Durch ein rein kognitives Nachvollziehen der durch die Lehrperson aufgezeigten Rechenschritte kann bei den Studierenden irrtümlich der Eindruck entstehen, sie hätten die Herangehensweise an ein mathematisches Problem verstanden und könnten diese Aufgabentypen später in der Klausur selbstständig lösen. Auch den Lehrenden erschließt sich die tatsächliche Fähigkeit der Studierenden zur Lösung mathematischer Aufgaben erst bei der Klausurkorrektur – also viel zu spät. In den Grundlagenveranstaltungen der Mathematik in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen ist es an der Hochschule Ruhr West immer ein Ziel, dass die Studierenden mathematische Aufgaben selbstständig lösen können und korrekte Formeln zur Lösung auswählen und einsetzen. Haben die Studierenden innerhalb der Veranstaltungen aber nicht die Möglichkeit, diese Anwendung selbst durchzuführen, und steht am Ende des Semesters eine Klausur, die gerade diese Anwendungsfähigkeit voraussetzt, dann sind die Modulziele, die Lehr-Lern-Methoden und die Prüfung unzureichend aufeinander abgestimmt.

Ein großes Auditorium erschwert zudem eine individuelle Betreuung seitens der Lehrenden. Zugleich brauchen die Studienanfängerinnen und -anfänger in dieser Phase die meiste Unterstützung und Rückmeldungen zu ihrem Leistungsstand. Diesen können sie noch schwer selbst einschätzen. Hinzukommt, dass sie andere Formen des Lernens aus der Schule gewohnt sind. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurde MathWeb als Lern- und Feedbackinstrument entwickelt.

1.1 Annahmen und Vorüberlegungen

Von Hochschulabsolventinnen und -absolventen wird heute eine Vielzahl von Kompetenzen und Fähigkeiten erwartet:

Wir erwarten eine breit angelegte, zum Anknüpfen vertiefter wissenschaftlicher Kenntnisse geeignete Allgemeinbildung, die Fähigkeit zu logischen Schlussfolgerungen und zum Denken in Systemen, die Fähigkeit zu Analogie- und Modellbildung, die Fähigkeit zu kritischer Wertung von Sachverhalten, die Fähigkeit, eigenständig und selbstverantwortlich und ohne ständige Anleitung zu lernen und dies über größere Zeiträume hin ... Die Fähigkeit, komplexere Aufgaben ... zu lösen, ..., die Beherrschung des Englischen und einer weiteren Fremdsprache, der Mathematik nämlich, die heute den Schlüssel für die meisten Arbeitsplätze der Zukunft bildet, ein gutes Grundlagenwissen im Bereich der Naturwissenschaften ... (Landfried & Senger, 2015, S. 3)

Wie hier deutlich wird, sind mathematische Kenntnisse und mathematisches Verständnis, wozu mitunter systemisches und abstraktes Denken gehören, in vielen Bereichen essentielle Grundlage für eine erfolgreiche Positionierung in der Gesellschaft (Loos & Ziegler, 2015). Umso wichtiger ist eine zielführende und nachhaltig wirkende Lernumgebung, in der Studierende die Möglichkeit bekommen, diese Fähigkeiten zu entwickeln.

Durch die Nutzung von MathWeb wird eine realistische und kontinuierliche Einschätzung der mathematischen Fähigkeiten sowohl für die Studierenden selbst als auch für die Lehrenden möglich. Dadurch wird sich das Lernverhalten der Studierenden ändern und eine individuelle, zielorientierte Vorbereitung auf die Prüfungen und eine Entwicklung der oben aufgeführten Fähigkeiten evoziert.

Um eine hohe Akzeptanz des Lernmediums zu erzielen, sollte eine Verknüpfung zur Alltagswelt der Studierenden hergestellt werden: Die junge Studierendengeneration wächst mit digitalen Medien auf (Appel & Michel-Dittgen, 2013; Handke, 2015). Im Zuge der Studierendenzentrierung des Studiums ist das Eingehen auf die Lebenswirklichkeit der Lernenden Teil der Umsetzung studierendenorientierter Lehre. Die Übertragung von Übungsaufgaben in Papierform auf digitale Oberflächen ist u. a. eine logische Konsequenz daraus, ebenso wie eine unbegrenzte Zahl an Übungsmöglichkeiten.

1.2 Ziele

Durch den Einsatz von interaktiven Beispielen und Übungen sollen die Studierenden angeregt werden, sich selbstständig und aktiv mit mathematischen Themen auseinanderzusetzen und zu lernen, ihre Fähigkeiten realistisch einzuschätzen. Die Studierenden sehen durch die eigene aktive Lösung mathematischer Aufgaben direkt, in welchen Feldern sie Kompetenzen bzw. Defizite aufweisen und können gezielt daran arbeiten. In den Übungen kann so ein Lernen nach individuellem Lernstand und nach individueller Geschwindigkeit ermöglicht werden. Die Selbstverantwortung für den Lernprozess wird stärker auf die Studierenden übertragen. Auch eine individuellere Betreuung und Beratung durch die Lehrenden gestaltet sich leichter. Dies entspricht dem Paradigmenwechsel, dem *shift from teaching to learning*, vom rezeptiven zum aktiv konstruierenden Lernen (Wildt, 2004). Durch die eigene, selbstbestimmte Anwendung mit zeitnaher Rückmeldung wird ein tieferes und nachhaltigeres Verständnis für mathematische Konzepte gefördert (Chin & Brown, 2000). Zugleich können die Studierenden individuell nach ihren Lerngeschwindigkeiten und Fähigkeiten Aufgaben, Schwierigkeitsgrade und zeitliche Lernepisoden frei wählen.

Das wird durch eine Vielzahl von parametrisierbaren Übungsaufgaben möglich, die jeweils eine große Menge an Variationen bieten, so dass die Wiederholung sich ähnelnder Aufgaben beliebig oft durchgeführt werden kann. MathWeb ist ein ortsunabhängiges Medium, da es auf allen portablen Geräten nutzbar ist. Das macht flexibles Lernen zu jeder Zeit an jedem Ort möglich. Die unmittelbaren, digitalen Rückmeldungen bei den Übungsaufgaben ermöglichen den Studierenden zudem eine kontinuierliche Selbsteinschätzung ihrer Fähigkeiten.

2 MathWeb – das webbasierte System

Im Gegensatz zu serverbasierten Systemen, wie JACK (Schwinning, Schypula, Striwe, & Goedicke, 2014) oder STACK (Sangwin, 2004), bei denen die Logik auf dem Server liegt, nutzt MathWeb einen Client-Ansatz. Der Server stellt nur Webkomponenten zur Verfügung und protokolliert die Ergebnisse ggf. in einer Datenbank. Die Verarbeitung der Eingabe erfolgt auf dem Client. Dadurch können nahezu beliebige Eingabelemente implementiert werden, die ein sofortiges Feedback ermöglichen. Der Kern von MathWeb besteht aus einer umfangreichen Sammlung von JavaScript-Programmen, die jeweils eine interaktive Aufgabe mit verschiedenen Parametern implementieren und die über eine einheitliche Schnittstelle verfügen. Durch die zufällige Wahl der Aufgabenparameter kann eine Vielzahl von Variationen der Aufgabe generiert werden. Mit dem Einsatz moderner Webtechnologien

gien (HTML5, CSS3 und JavaScript) wird die Plattformunabhängigkeit des Systems gewährleistet. Das System läuft sowohl auf PCs (Windows®, Mac® und Linux®) als auch auf Tablets (iOS®, Android™ und Windows®) und Smartphones (iOS®, Android und Windows®). Neben den interaktiven Aufgaben bietet MathWeb eine Reihe von interaktiven Demonstrationen, einen Online-Coach und ein Feedbacksystem (als virtuelle Sprechstunde).

2.1 Technische Details

MathWeb selbst ist modular aufgebaut und gliedert sich in drei Schichten (siehe Abbildung 1). Den Kern bildet die mittlere Schicht, die eine Sammlung von JavaScript-Objekten bereitstellt. Jedes dieser Objekte implementiert eine parametrisierbare Übungsaufgabe und verfügt über eine einheitliche Schnittstelle. Bei der Implementierung der Aufgaben wird auf Bibliotheken zurückgegriffen, die die unterste Schicht bilden. Diese Bibliotheken enthalten u. a. Routinen zur Darstellung von mathematischen Ausdrücken oder zur Auswertung von Benutzereingaben in Echtzeit. Daneben können Webdienste angesprochen werden. Eine Sammlung von Webanwendungen, die über die standardisierten Schnittstellen der einzelnen Aufgabenobjekte auf den Aufgabenpool zugreifen, bildet schließlich die oberste Schicht. Diese Anwendungen realisieren zurzeit den direkten Zugriff auf die Aufgaben zum freien Üben, auf individualisierte Online-Aufgabenblätter, auf Klausurvorbereitungstests mit begrenzter Bearbeitungszeit oder auf eine Lernumgebung, in der Studierende vorgegebenen Lernpfaden folgen können.

Der Aufwand zur Erstellung einer interaktiven Aufgabe hängt im Wesentlichen von der Art der Aufgabe ab. Ein erfahrener Softwareentwickler kann eine Aufgabe innerhalb eines Tages konzipieren und implementieren. Mithilfe eines Feedbacksystems, über das Studierende Probleme melden können, können Fehler zeitnah behoben werden.

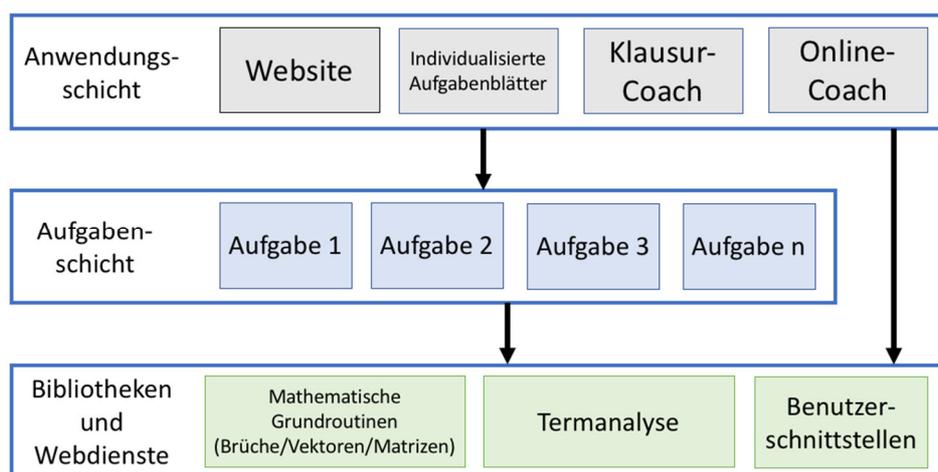


Abbildung 1. Der konzeptionelle Aufbau von MathWeb.

2.2 Die Darstellung von Aufgaben in MathWeb

Abbildung 2 zeigt eine typische MathWeb-Aufgabe: Die Aufgabenstellung wird durch eine Reihe von zufällig gewählten Parametern bestimmt. Der Eingabebereich gestattet es dem Benutzer, die Lösung als Text einzugeben, der automatisch analysiert und in einen LaTeX-Ausdruck umgewandelt wird. Dadurch erhalten die Studierenden eine unmittelbare Rückmeldung zur syntaktischen Richtigkeit ihrer Eingabe. Das Ergebnis kann daraufhin automatisch überprüft und bewertet werden. Für jede Aufgabe kann eine komplette Musterlösung angezeigt werden. Durch konsequente Nutzung von JavaScript können beliebige Aufgabentypen realisiert werden: Von reinen Texteingaben über die Interpretation von Graphen bis hin zur handschriftlichen Eingabe ist prinzipiell alles möglich.

Lineare Gleichung mit Parameter

Ergebnis prüfen
Beispiel
Lösung
Lösungsweg
Neue Aufgabe
Beschreibung
Zurück

Geben Sie die Lösungsmenge der Gleichung

$$2 + 2x = (-3 + a)x + 3$$

in Abhängigkeit von a an.

Ergebnis a=5=>L = {}, a!=5 => L = {-1/(a-5)} ✓

$$a = 5 \Rightarrow L = \{\}, \quad a \neq 5 \Rightarrow L = \left\{ -\frac{1}{a-5} \right\}$$

Lösung

$$\begin{aligned}
 2 + 2x &= (-3 + a)x + 3 && | -(-3 + a)x - 2 \\
 \Leftrightarrow (5 - a)x &= 1
 \end{aligned}$$

1. Fall $a = 5$:

$$\Rightarrow 0 = 1 \quad \Leftrightarrow \text{falsch}$$

$$\Rightarrow L = \{\}$$

2. Fall $a \neq 5$:

$$\Rightarrow x = \frac{1}{5 - a}$$

Ergebnis

$$a = 5 \Rightarrow L = \{\}, \quad a \neq 5 \Rightarrow L = \left\{ \frac{1}{5 - a} \right\}$$

(4 Punkte)
4/4

Abbildung 2. Beispiel einer MathWeb-Aufgabe: Aufgabenstellung, Eingabe der Lösung, Bewertung der Eingabe und Musterlösung.

3 Der Einsatz von MathWeb

In den nachfolgenden Abschnitten wird der Einsatz von MathWeb an der Hochschule Ruhr West beschrieben. Die momentane Zielgruppe besteht aus ca. 300 Studierenden der Bachelorstudiengänge *Maschinenbau* und *Wirtschaftsingenieurwesen – Maschinenbau*.

3.1 Die Pilotphase (Wintersemester 2014/2015 bis Sommersemester 2015)

In der Pilotphase vom Wintersemester 2014/2015 bis zum Beginn des Wintersemesters 2015/2016 wurde MathWeb parallel zu einem konventionellen Übungsblattbetrieb auf freiwilliger Basis angeboten. Die Nutzungsstatistiken zeigen, dass die Studierenden das Instrument zwar während des Semesters zur praktischen Anwendung nutzten, dass die Peaks der Nutzung aber eindeutig in den typischen Klausurvorbereitungsphasen im Februar und Juli kurz vor Semesterschluss lagen (siehe Abbildung 3). Das System wurde, wenn die Nutzung auf Freiwilligkeit beruhte, demnach von den Studierenden vor allem zur Klausurvorbereitung als Lerntool verwendet. Die Annahme, dass die Studierenden durch die Nutzung von MathWeb und die dadurch bedingte realistische und kontinuierliche Einschätzung ihrer mathematischen Fähigkeiten ihr Lernverhalten ändern und sich individuell und zielorientiert auf die Prüfungen vorbereiten würden, konnte nicht bestätigt werden. Aus dem Ergebnis wurde abgeleitet, dass eine curriculare Verankerung, statt ausschließlich freiwilliger Nutzung, sinnvoll erscheint.

Abbildung 3 zeigt, dass sich im Vergleich des ersten Semesters im Winter 2014/2015 mit dem zweiten Semester im Sommer 2015, in denen MathWeb im Einsatz war, die kontinuierlichen Nutzungsraten erhöht haben. Das weist auf eine steigende Akzeptanz des neuen Mediums hin, welches als freiwillig zu nutzendes Übungsmedium Anwendung fand.

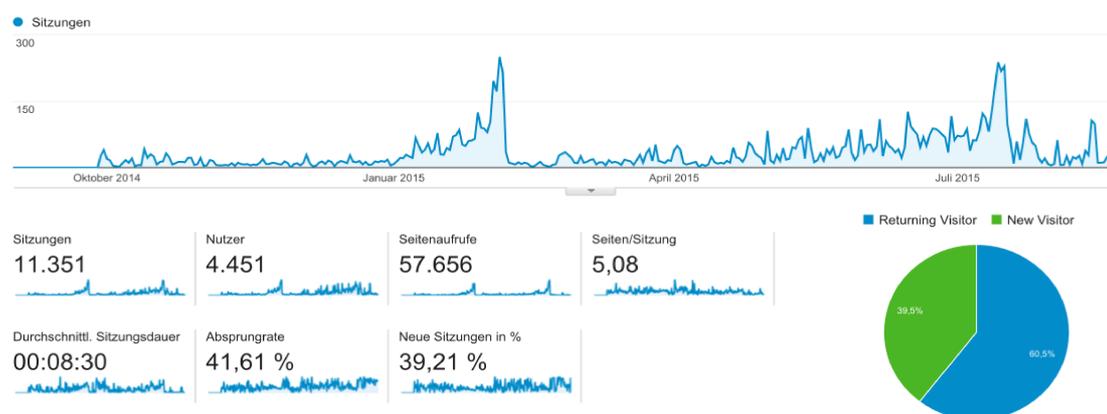


Abbildung 3. Nutzung von MathWeb ohne curriculare Verankerung von Oktober 2014 bis August 2015.

3.2 Die curriculare Verankerung von MathWeb

Als Konsequenz aus den Ergebnissen der Pilotphase findet das System seit dem Wintersemester 2015/2016 auch Anwendung in curricularen Übungen und Vorlesungen an der Hochschule Ruhr West. In den Vorlesungen folgen auf theoretische Erläuterungen durch den Dozierenden kurze, aktive Phasen, in denen die Studierenden das theoretisch Gehörte praktisch umsetzen. Hierzu wird MathWeb eingesetzt, da die Studierenden unmittelbar anhand der Lösungen und der Rückmeldungen des Systems erkennen, ob sie die Theorie in die Praxis transferieren können. Daraus ergibt sich, dass die Studierenden daraufhin Verständnisfragen an die Dozentin bzw. den Dozenten richten, welche sofort besprochen werden können. Das bewirkt neben dem individuellen Feedback zu den Anwendungsfähigkeiten der Studierenden einen intensiveren kommunikativen Austausch zwischen Lehrenden

und Lernenden. Die aktiven Phasen in der Vorlesung mobilisieren die Studierenden zudem, so dass der Methodenwechsel zu einer verbesserten Aufmerksamkeit führt (Gerrig & Zimbardo, 2008). Dies kann ebenso durch andere aktivierende Methoden erreicht werden und wird hier durch den Einsatz von MathWeb erzielt. Die Auflösung der klassischen Trennung von Vorlesung und Übung in Kombination mit der aktiven Einbeziehung der Studierenden in den Lösungsprozess führt zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit dem Thema – sowohl auf theoretischer als auch auf praktischer Ebene. Der bisher auf wöchentlichen Übungsblättern basierende Übungsbetrieb wird auf individualisierte wöchentliche Online-Übungsblätter umgestellt. Studierende können vor Abgabe der Aufgaben diese in einem freien Modus beliebig oft üben. Jede und jeder Studierende erhält ein eigenes Übungsblatt mit individuellen Aufgaben. Durch die automatische Kontrolle der Ergebnisse erhalten alle Studierende ihr Ergebnis wenige Minuten nach Ablauf der Abgabefrist. Durch die Einführung der wöchentlich zu bearbeitenden Übungsaufgaben in MathWeb soll dem Bulimielernen zum Semesterende vorgebeugt und ein *deep learning approach* (Chin & Brown, 2000; Janke, Haertel, & Wildt, 2017), ein Lernen, in dem nachhaltiges Wissen generiert wird, begünstigt werden. Ziel ist es nach wie vor, die Studierenden durch eine realistische Selbsteinschätzung ihrer Fähigkeiten zu einem ziel- und ergebnisorientierten Lernen zu motivieren und ein tatsächliches, tiefes Verständnis für mathematische Zusammenhänge zu bewirken. Aufgrund des positiven Feedbacks der Studierenden wurde das Konzept bereits von einem anderen Lehrenden der Hochschule Ruhr West in abgewandelter Form adaptiert. Es findet ein regelmäßiger Austausch zwischen dem Lehrenden und Mitarbeitenden des Referats für Hochschuldidaktik statt. Die Intention ist, hierbei aus den Rückmeldungen der Studierenden zum Unterrichtskonzept und insbesondere zu MathWeb sowie aus den permanenten technischen und inhaltlichen Erweiterungen des Systems immer wieder über das didaktische Konzept zu reflektieren, es zu diskutieren und anzupassen.

3.2.1 Die Evaluation durch Studierende

Das studentische Feedback, das durch die Lehrveranstaltungsevaluationen in der Mitte und zum Ende des Semesters eingeholt wird, belegt im Wintersemester 2015/2016 positive Auswirkungen auf studentisches Lernen durch MathWeb und die Annahme des Systems als hilfreiches Lerntool. So schreiben Studierende der Bachelorstudiengänge *Maschinenbau* und *Wirtschaftsingenieurwesen – Maschinenbau* beispielsweise im Freitextfeld der Lehrveranstaltungsevaluation: „MathWeb ist eine sehr große Hilfe. Außerdem finde ich gut, dass man wöchentlich ein Arbeitsblatt [über MathWeb] bearbeiten muss. So hat man nochmal Zeit, sich selber mit dem Stoff auseinanderzusetzen und sieht seine Fehler und Schwächen.“ Oder auch: „Ich habe selten Lehrer gehabt, die so viel Erfolg dabei hatten, ihren Schülern etwas beizubringen. Besonders stechen hier die ... programmierten Internetseiten hervor, die ebenfalls eine sehr große Hilfe sind.“ Besonders gut gefallen den Studierenden „die Idee von MathWeb und seine Übersichtlichkeit, Funktionen und die meisten Erklärungen anhand der Beispiele“ und „die Aufgabenblätter im MathWeb, da sie ... eine sinnvolle Ergänzung zu den Vorlesungen darstellen und die vorgestellten Themen so interaktiv gefestigt werden können“. Weitere Rückmeldungen: „MathWeb, es hilft sehr gut beim Lernen und Verstehen des Stoffes aus der Vorlesung. Die Bedienung des MathWebs ist relativ einfach und unkompliziert“ und „MathWeb: Ich kann eigenständig mit direkter

Kontrolle lernen und so immer wieder schnell etwas wiederholen und vertiefen“. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse einer Befragung von 135 Studierenden in der Mitte des Wintersemesters 2016/2017. Die Studierenden sollten schreiben, was ihnen an der Vorlesung gefallen und was ihnen nicht gefallen hat. Es gab keine explizite Frage nach MathWeb. Eine Mehrheit der Studierenden hat sich dabei bewusst positiv zu MathWeb geäußert (54.2%). Nur eine kleine Minderheit (1.4%) hat eine negative Bewertung abgegeben. Die Studierenden bemängelten allerdings den erhöhten Arbeitsaufwand durch die Nutzung des Systems.

Tabelle 1

Auswertung einer Freitextevaluation mit 135 Studierenden im Wintersemester 2016/2017

Abgegebene Feedbackzettel	135	100.0%
Positive Aussagen zu MathWeb	76	54.2%
Negative Aussagen zu MathWeb	2	1.4%
Zu hoher Arbeitsaufwand durch MathWeb	25	17.8%

3.2.2 Die Ergebnisse aus den Learning Analytics

Seit MathWeb im curricularen Übungsbetrieb angewandt wird, zeigt sich aufgrund der Nutzungsdaten eine eindeutige Veränderung: Wurden bei der ausschließlich freiwilligen Nutzung die mit Abstand höchsten Peaks kurz vor den Klausurzeiträumen gemessen (siehe Abbildung 3), sieht man seit der curricularen Einführung von MathWeb zum Wintersemester 2015/2016 eine kontinuierliche Nutzung (siehe Abbildung 4). Aufgrund der erhobenen Übungszeiten im Tagesverlauf lässt sich erkennen, dass auch die freiwillige Nutzung des Systems kontinuierlicher erfolgt. Die durchschnittliche Sitzungsdauer beträgt 19 Min., in denen rund 12 Seiten bzw. Übungen geöffnet werden.

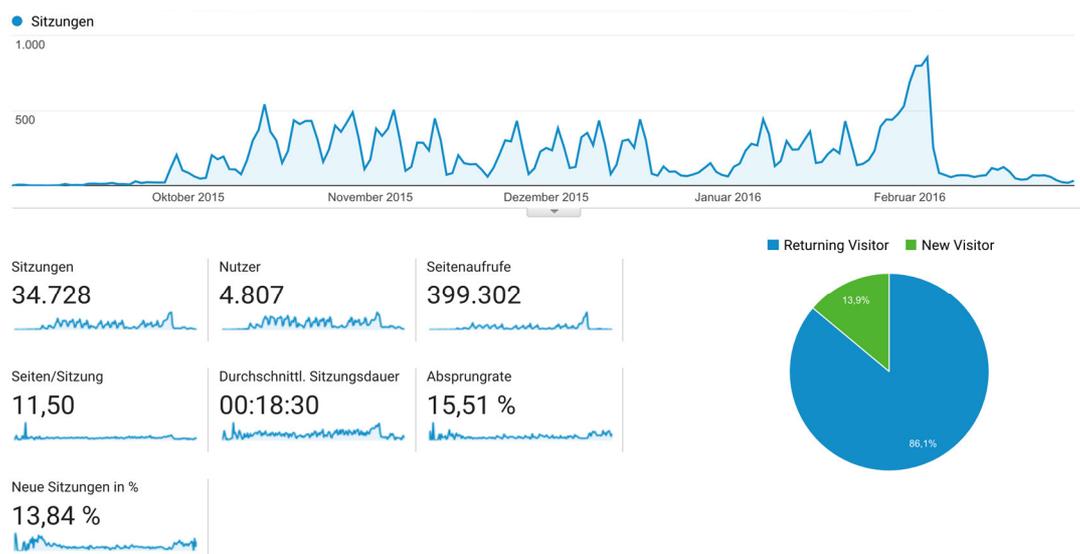


Abbildung 4. Nutzung von MathWeb mit curriculärer Verankerung im Wintersemester 2015/2016.

3.3 Die Weiterentwicklung des Systems – Online-Coach

Stand im Wintersemester 2015/2016 noch die Nachbildung des wöchentlichen Übungsbetriebs im Vordergrund, so ist ab dem Wintersemester 2016/2017 ein neuer Ansatz verfolgt worden. Das System wird von einem primären, wöchentlichen Prüfungssystem hin zu einer personalisierten Lernplattform weiterentwickelt, die jeden einzelnen Studierenden individuell begleitet. Erwartet werden dadurch eine weitere Qualitätsverbesserung der Lehre und eine Erhöhung des Lernerfolgs der Studierenden, da diese individuell und permanent ihren Lernstand und ihre Fähigkeiten einschätzen können.

In den Vorlesungen werden Lernziele (Fertigkeiten) explizit definiert, die mithilfe interaktiver Aufgaben in einer vorgegebenen Zeit entwickelt, erarbeitet und vertieft werden. Jede und jeder Studierende soll damit ihren bzw. seinen individuellen aktuellen Leistungsstand sehen und verbessern können. Der Coach stellt hinführende Aufgaben zur Verfügung, die ggf. mit Hilfestellungen gelöst werden. Werden die einfachen Aufgaben beherrscht, stellt der Coach schwierigere Aufgaben. Durch dieses System kann jede bzw. jeder Studierende den eigenen Leistungsstand jederzeit sehen (siehe Abbildung 5). Dadurch wird eine stärkere Verzahnung zwischen der Vorlesung, in der die Fertigkeiten definiert und eingeführt werden, der Selbstlernphase, in der mithilfe des Coaches diese Fertigkeiten eingeübt werden, und den Übungen, in denen die Studierenden die Möglichkeit haben, Fragen zu stellen und unter Aufsicht exemplarische Coach-Aufgaben zu bearbeiten, erreicht.

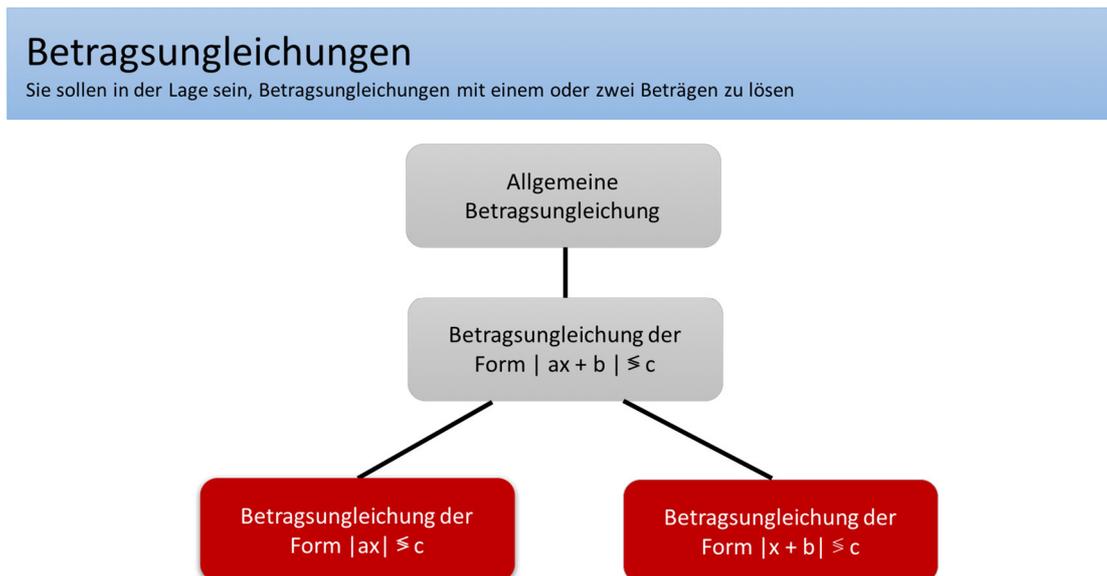


Abbildung 5. Hierarchie von Grundfertigkeiten: Erst wenn einfache Fälle gelöst werden können, können schwierigere Aufgaben bearbeitet werden.

Insgesamt wird mit diesem System die Flexibilisierung des Studiums gefördert und erhöht. Jede und jeder Studierende kann in individuellem Tempo lernen, wird aber durch das System im Lernprozess begleitet. Auf der anderen Seite ist die Lehrperson über den aktuellen Leistungsstand der Studierenden informiert, so dass die Vorlesung ggf. just in time angepasst werden kann.

Die Auswertung der Nutzung des Coach-Systems zeigt, dass während des Wintersemesters 2016/2017 von den 300 Studierenden mehr als 319,000 Aufgaben bearbeitet wurden (siehe Abbildung 6).

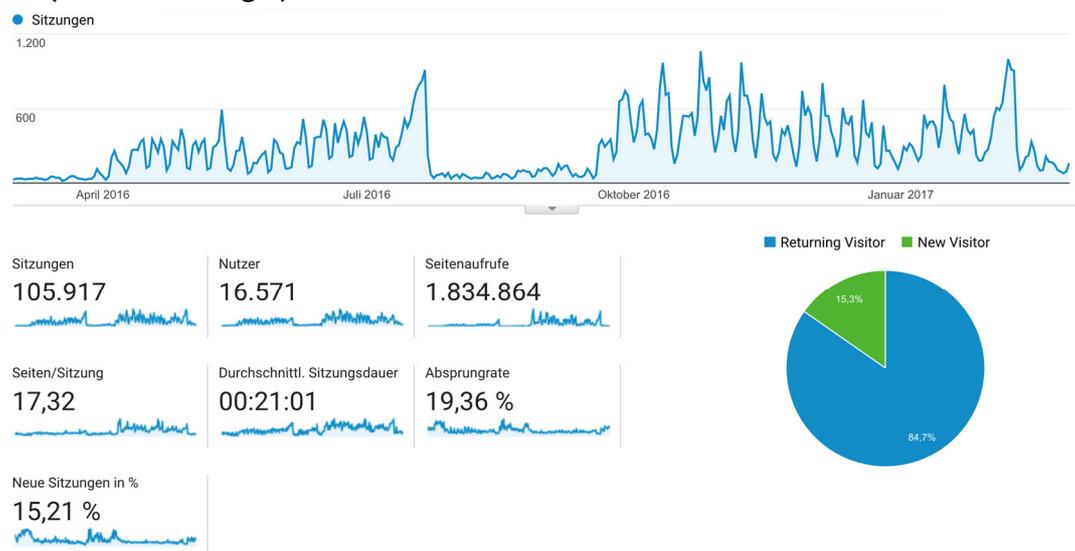


Abbildung 6. Nutzung von MathWeb im Sommersemester 2016 und Wintersemester 2016/2017.

3.4 Der didaktische Hintergrund

Die Entwicklung des Online-Coaches beeinflusst unmittelbar die inhaltliche Gestaltung der Vorlesung. Lernziele, d. h. die zu beherrschenden Fertigkeiten, müssen explizit formuliert und definiert sein. Die Lehrveranstaltungen werden konsequent nach dem didaktischen Prinzip des *constructive alignment* (Bachmann, 2014; Biggs, 1996; Biggs & Tang, 2011) aufgebaut. Lernziele, die auf der von Bloom (1956) entwickelten und von Anderson und Krathwohl (2001) erweiterten Lernzieltaxonomie (Hochschulrektorenkonferenz, 2015) die dritte Stufe, nämlich die Fähigkeit zur Anwendung mathematischer Funktionen und Formeln zur Lösung unterschiedlich komplexer Aufgaben, erreichen, mussten bestimmt werden. In der Prüfung wird anhand der Aufgabenstellungen die Fähigkeit zur Anwendung bewertet. Das Lehr-Lern-Szenario ist so aufgebaut, dass die Studierenden einerseits durch die Vorlesungen an verschiedene mathematische Teilgebiete herangeführt werden und andererseits in den Präsenzübungen und durch das Tool des Online-Coaches ausreichende und vor allem individuelle Möglichkeiten der Anwendung bekommen. Die Komplexität der Aufgaben steigert sich im Laufe des Semesters, bis die intendierten Lernziele erreicht werden können. Durch die Notwendigkeit, gelernte mathematische Bausteine selbstständig zu immer komplexeren mathematischen Systemen zu verbinden, wird die Fähigkeit zum systemischen Denken gesteigert. Zum Ende des Semesters lernen die Studierenden somit auf dem direkten Prüfungsniveau. Dieses Vorgehen führt zu einer für beide Seiten transparenten Veranstaltung mit konkreten Kriterien zur Zielerreichung.

Die Studierenden können vor der Prüfung anhand ihres Fähigkeitsstands abschätzen, ob und wie sie die Prüfung voraussichtlich bestehen werden. Das gibt den Studierenden Sicherheit und die Chance zur zielführenden Entscheidung, z. B. an der Prüfung teilzunehmen, intensiver zu lernen oder vor der Prüfung weitere Beratung und Unterstützung, z. B.

durch den Besuch von Tutorien, in Anspruch zu nehmen. Die Selbstverantwortung der Studierenden wird gestärkt und den Studierenden wird bewusst, dass sie diese Verantwortung übernehmen müssen.

Die kontinuierliche Messung des Leistungsstands und die Möglichkeit für die Studierenden, den Grad der Zielerreichung (definierte *learning outcomes*) über das Semester hinweg präsent zu haben, sollen helfen, frühzeitig Probleme zu erkennen. Die Problemerkennung geschieht durch die Studierenden selbst, aber auch durch den Lehrenden, der die Möglichkeit des Monitorings der individuellen Lernstände der einzelnen Studierenden hat. Anhand der Aufgaben und der von den Studierenden vorgenommenen Lösungswege lässt sich von der Lehrperson erkennen, wo die Probleme liegen.

Bei größeren Schwierigkeiten können die Studierenden gezielt in Tutorien vermittelt werden. An der Hochschule Ruhr West gibt es ein sogenanntes *Lernzentrum Mathematik*. Mit der Zustimmung der betroffenen Studierenden können die Ergebnisse des Online-Coachings dazu genutzt werden, das Hilfsangebot des Lernzentrums gezielt auf ihre Probleme abzustimmen.

4 Die virtuelle Sprechstunde als Weiterentwicklung

Durch die zunehmend intensive, zeit- und ortsunabhängige Nutzung von MathWeb in den Selbstlernphasen treten Fragen zu oder Schwierigkeiten mit mathematischen Aufgaben häufig unabhängig von Präsenzphasen auf. Das bedeutet, dass auf die zunehmend flexibleren Lernumgebungen auch mit einer Flexibilisierung der Beratungsmöglichkeiten reagiert werden muss.

Um Studierenden bei Fragen eine gute und zeitnahe Unterstützung bieten zu können, wurde ein weiteres webbasiertes System entwickelt, mit dem die Kommunikation zwischen Studierenden und Lehrenden verbessert werden kann: die virtuelle Sprechstunde. Mit diesem System haben Studierende die Möglichkeit, Fragen zur Vorlesung oder zu Aufgaben mit einem Screencast-System zu stellen. Damit können sowohl bewegte Bilder und Schrift als auch Sprachnachrichten aufgezeichnet werden. Diese Anfragen können danach von Lehrenden auf die gleiche Art und Weise beantwortet werden.

4.1 Die zugrunde liegende Problemstellung

Wöchentliche Sprechstunden werden, zumindest an der Hochschule Ruhr West, nur selten von Studierenden wahrgenommen. Die Gründe hierfür können vielfältig sein: Die Sprechzeiten sind ggf. nicht mit dem Stundenplan kompatibel, Studierende können zu Beginn des Studiums Hemmungen haben, die Sprechstunde aufzusuchen, und es kann schwierig sein, eine Frage richtig zu formulieren, gerade wenn es um eine mathematische Problemstellung geht.

Als Ausweg wählen Studierende gern E-Mails als Kommunikationsform. Hier zeigt sich, dass ein rein auf Text basierendes Kommunikationsmedium oftmals ungeeignet ist, Fragen aus dem mathematischen Kontext zu stellen. Bedingt ist dies einerseits durch die nötigen Sonderzeichen in mathematischen Formeln, andererseits durch die Schwierigkeit, die problematische Stelle überhaupt in Worte fassen zu können.

Wir beobachteten, dass Studierende als Ausweg für die Darstellungsschwierigkeiten ihre Fragen auf ein Blatt Papier schreiben und dieses als Bild mit einem Text verschicken. Für die Lehrenden bleibt es trotz Visualisierung mitunter schwierig, die eigentliche Frage, die die Studierenden haben, aus dem Text und ggf. der Zeichnung korrekt abzuleiten.

4.2 Der Lösungsansatz in der virtuellen Sprechstunde

Mit der virtuellen Sprechstunde wurde ein neuartiges System für die Kommunikation zwischen Studierenden und Lehrenden außerhalb der Präsenzzeiten geschaffen. Studierende haben mit diesem System die Möglichkeit, Bilder als Hintergrund einzustellen und mit der Maus oder einem Stift einen Text oder eine Skizze anzufertigen, die während des Schreibprozesses aufgezeichnet wird. Zusätzlich können zeitgleich Audioaufnahmen erstellt werden. So entsteht eine nachvollziehbare filmische Aufzeichnung mit verbalen Erläuterungen – praktisch so, als säßen sich die studierende und die dozierende Person gegenüber und die studierende Person zeichne eine Frage auf ein Blatt und erläutere sie. Diese Aufzeichnungen von studentischen Fragestellungen werden auf einen Server hochgeladen. Mittels eines Links kann die jeweilige Aufzeichnung an Lehrende oder andere Studierende verschickt werden, die die Frage beantworten sollen.

Die Adressatin bzw. der Adressat sieht nach dem Öffnen des Links die als Film aufgezeichnete Frage, kann sie in ihrer Entstehung nachvollziehen und hat die Möglichkeit, mit denselben Instrumenten in der Aufzeichnung Änderungen und verbale Erläuterungen vorzunehmen, um eine nachvollziehbare Antwort geben zu können.

Aus technischer Sicht nutzt das System eine neuartige Methode der Aufzeichnung, die mit äußerst wenigen Daten auskommt. Daher ist die Übertragung auch mit mobilen Geräten einfach möglich.

5 Die Übertragbarkeit

MathWeb wird in Teilen in *Open Educational Resources* zur Verfügung gestellt, so dass auch Studierende anderer Hochschulen oder Bildungseinrichtungen auf einzelne Aufgaben und Beispiele über eine frei zugängliche Webadresse (<https://mathweb.de>) zugreifen können.

Aufgrund der modularen Struktur von MathWeb (siehe Abbildung 1) kann das System einfach für andere Fachrichtungen erweitert werden. Dazu müssen lediglich neue Aufgaben in der mittleren Schicht hinzugefügt werden. Diese neuen Aufgaben können dabei direkt auf die Bibliotheken aus der untersten Schicht zugreifen. Für die Aufgabenschicht spielt es keine Rolle, ob die spezielle Aufgabe aus der Mathematik stammt oder aus einem anderen Bereich. In MathWeb wurden auf diese Weise bereits einige Aufgaben aus dem Bereich der Technischen Mechanik und der Wirtschaftswissenschaften eingepflegt.

Der Nutzerkreis ist nicht nur auf die Standorte der Hochschule Ruhr West in Mülheim an der Ruhr und Bottrop begrenzt. Seit dem Beginn des Wintersemesters 2015/2016 haben insgesamt über 23,000 Nutzer aus 1,200 Städten auf das MathWeb-System zugegriffen (siehe Abbildung 7), wobei einige Zugriffe aus dem europäischen Ausland erfolgten.

Stadt ?	Sitzungen ? ↓	Neue Sitzungen in % ?	Neue Nutzer ?	Absprungrate ?	Seiten/Sitzung ?	Durchschnittl. Sitzungsdauer ?
	222.282 % des Gesamtwerts: 100,00 % (222.282)	16,00 % Durchn. für Datenansicht: 15,95 % (0,32 %)	35.569 % des Gesamtwerts: 100,32 % (35.454)	22,22 % Durchn. für Datenansicht: 22,22 % (0,00 %)	14,85 Durchn. für Datenansicht: 14,85 (0,00 %)	00:18:58 Durchn. für Datenansicht: 00:18:58 (0,00 %)
1. Mulheim	57.378 (25,81 %)	14,08 %	8.078 (22,71 %)	19,06 %	16,31	00:20:24
2. Essen	27.454 (12,35 %)	12,72 %	3.491 (9,81 %)	18,42 %	15,93	00:20:59
3. Duisburg	24.168 (10,87 %)	11,49 %	2.778 (7,81 %)	18,81 %	16,09	00:21:50
4. Oberhausen	14.267 (6,42 %)	11,65 %	1.662 (4,67 %)	20,07 %	18,08	00:22:36
5. Bochum	12.279 (5,52 %)	20,12 %	2.471 (6,95 %)	27,01 %	13,03	00:16:18
6. Cologne	9.045 (4,07 %)	18,25 %	1.651 (4,64 %)	24,51 %	11,80	00:13:24
7. Dusseldorf	7.966 (3,58 %)	12,64 %	1.007 (2,83 %)	19,61 %	15,18	00:20:39
8. Dortmund	7.419 (3,34 %)	23,47 %	1.741 (4,89 %)	29,57 %	9,41	00:11:54
9. Bottrop	4.898 (2,20 %)	11,37 %	557 (1,57 %)	21,56 %	16,32	00:21:02
10. Gelsenkirchen	2.916 (1,31 %)	12,76 %	372 (1,05 %)	21,95 %	16,44	00:20:33

Abbildung 7. MathWeb-Nutzungsstatistik aus Google Analytics™ (kumulierte Daten von Beginn des Wintersemesters 2015/2016 bis Ende 2017).

6 Fazit und Ausblick

MathWeb bietet unterschiedliche Funktionen, welche die Studierenden in ihrem Lernprozess an zahlreichen Stellen unterstützen. Interaktive Demonstrationen bieten ihnen Beispiele und sie können Übungen durcharbeiten und darauf direktes Feedback erhalten. Zudem können sie parametrisierte Übungsblätter online bearbeiten, Klausuren simulieren sowie über das System der virtuellen Sprechstunde mit Lehrenden und anderen Studierenden Kontakt aufnehmen und ihre Fragen anhand von visuellen und auditiven Aufzeichnungen erläutern. Der Online-Coach soll die Studierenden zukünftig individuell in ihrem gesamten Lernprozess begleiten. Das System ist übertragbar auf andere Hochschulen und aufgrund des modularen Aufbaus des Systems können durch geeignete neue Aufgaben auch andere Module, etwa die Technische Mechanik, profitieren. Daneben gibt es schon einzelne Aufgaben aus dem Bereich der Wirtschaftswissenschaften und der Ingenieurwissenschaften. Diese Studiengänge sollen das Online-Coach-System mittelfristig ebenfalls nutzen können.

Im Allgemeinen kann der Online-Coach für alle Module und Lernszenarien eingesetzt werden, die mathematisch oder algorithmisch geprägt sind. Dies bietet sich somit für viele Module aus der Studieneingangsphase an Fachhochschulen an.

Im Weiteren ist geplant, das Lernverhalten und den Lernerfolg der Studierenden in Verbindung mit den digitalen Möglichkeiten, die MathWeb bietet, intensiv zu erforschen. Zudem soll der Frage nachgegangen werden, wie und ob MathWeb mit anderen Formen des digitalen Lernens (z. B. mit Videos etc.) sinnvoll verknüpft werden kann.

Literatur

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Hrsg.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York, NY: Longman.
- Appel, W. & Michel-Dittgen, B. (Hrsg.). (2013). *Digital Natives: Was Personaler über die Generation Y wissen sollten*. Wiesbaden, Deutschland: Springer Gabler.
- Bachmann, H. (Hrsg.). (2014). *Kompetenzorientierte Hochschullehre: Die Notwendigkeit von Kohärenz zwischen Lernzielen, Prüfungsformen und Lehr-Lern-Methoden* (Reihe Forum Hochschuldidaktik, Bd. 1, 2. überarbeitete und erweiterte Aufl.). Bern, Schweiz: hep.
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, 347–364. doi:10.1007/BF00138871
- Biggs, J. & Tang, C. (2007). *Teaching for quality learning at university: What the student does* (3. Auflage). Maidenhead, Great Britain: Society for Research into Higher Education and Open University Press.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university: What the student does* (4. Auflage). Maidenhead, Great Britain: Society for Research into Higher Education and Open University Press.
- Bloom, B. S. (Hrsg.). (1956). *Taxonomy of educational objectives: Book 1 cognitive domain* (1. Auflage). New York, NY: Longman.
- Chin, C. & Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 109–138. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(200002)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7
- Entwistle, N. & Ramsden, P. (2015). *Understanding student learning*. Abingdon: Routledge.
- Falk-Frühbrodt, C. (2016). *Wie lernt jeder Lerntyp am effektivsten?* Abgerufen von <http://www.iflw.de/blog/lernen/wie-lernt-jeder-lerntyp-am-effektivsten/>
- Gerrig, R. J. & Zimbardo, P. G. (2008). *Psychologie* (18., aktualisierte Aufl.). München, Deutschland: Pearson Studium.
- Handke, J. (2015). *Handbuch Hochschullehre Digital: Leitfaden für eine moderne und medien-gestützte Lehre*. Marburg, Deutschland: Tectum.
- Hochschulrektorenkonferenz (Hrsg.). (2015). *Nexus Impulse für die Praxis: Lernergebnisse praktisch formulieren* (Ausgabe 2, Neuauflage Juni 2015). Bonn: Herausgeberin. Abgerufen von https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/Lernergebnisse_praktisch_formulieren_01.pdf
- Janke, I., Haertel, T. & Wildt, J. (2017). Teacher's conceptions of student creativity in higher education. *Innovations in Education and Teaching International*, 54, 87–95.
- Landfried, K. & Senger, U. (2015). Neue Lehr- und Lernformen – Lehren und Lernen im Zeichen ganzheitlicher Persönlichkeitsbildung. In J. Kohler, P. Pohlenz, & U. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Qualität in Studium und Lehre* (Kap. E 5.4, S. 3). Berlin, Deutschland: DUZ Verlags- und Medienhaus. Abgerufen von http://www.hqsl-bibliothek.de/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=230
- Loos, A. & Ziegler, G. M. (2015). Gesellschaftliche Bedeutung der Mathematik. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 3–17). Heidelberg, Deutschland: Springer Spektrum.

- Marton, F. & Säljö, R. (1976). On qualitative differences in learning I – outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 4–11. doi:10.1111/j.2044-8279.1976.tb02980.x
- Miethe, I., Boysen, W., Grabowski, S. & Kludt, R. (2014). *First Generation Students an deutschen Hochschulen: Selbstorganisation und Studiensituation am Beispiel der Initiative www.ArbeiterKind.de* (Reihe Forschung aus der Hans-Böckler-Stiftung, Bd. 167, 1. Aufl.). Berlin, Deutschland: edition sigma.
- Sangwin, C. (2004). Assessing mathematics automatically using computer algebra and the internet. *Teaching Mathematics and its Applications*, 23, 1–14. doi:10.1093/teamat/23.1.1
- Schräder-Naef, R. (1992). *Rationeller Lernen lernen*. Weinheim, Deutschland: Beltz.
- Schwinning, N., Schypula, M., Striewe, M. & Goedicke, M. (2014, July). *Concepts and realisations of flexible exercise design and feedback generation in an e-assessment system for mathematics*. Paper presented at the Joint Proceedings of the MathUI, OpenMath and ThEdu Workshops and Work in Progress track at CICM co-located with Conferences on Intelligent Computer Mathematics (CICM 2014), Coimbra, Portugal.
- Vester, F. (1975). *Denken, Lernen, Vergessen: Was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann läßt es uns im Stich?* Stuttgart, Deutschland: dtv.
- Wildt, J. (2004). Vom Lehren zum Lernen – zum Wandel der Lernkultur in modularisierten Studienstrukturen. In B. Berendt, H.-P. Voss, & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre* (Kap. A 3.1, S. 1–13). Berlin, Deutschland: RAABE.

Autorin und Autor

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Giebermann. Hochschule Ruhr West, Fachbereich 4, Institut Naturwissenschaften, Mülheim an der Ruhr, Deutschland; E-Mail: klaus.giebermann@hs-ruhr-west.de

Nina Friese. Hochschule Ruhr West, Dezernat I, Referat für Hochschuldidaktik, Mülheim an der Ruhr, Deutschland; E-Mail: nina.friese@hs-ruhrwest.de



Zitiervorschlag: Giebermann, K. & Friese, N. (2018). MathWeb – interaktives Lernen in Mathematikmodulen. *die hochschullehre*, Jahrgang 4/2018, online unter: www.hochschullehre.org