

Abschlussbericht Online-Coach

Prof. Dr. Klaus Giebertmann - Hochschule Ruhr West

Beschreibung der Lehrinnovation

Das Ziel der Lehrinnovation bestand darin, die bestehende Online-Plattform MathWeb (<https://mathweb.de>), die an der Hochschule Ruhr West (HRW) entwickelt worden ist, zu erweitern und das Konzept „üben statt prüfen“ einzuführen. MathWeb stellt viele interaktive Mathematikaufgaben zur Verfügung, die durch zufällige Wahl der Aufgabenparameter wiederholt genutzt werden können. Neben der automatischen Korrektur bietet jede Aufgabe auch die Möglichkeit, eine komplette Musterlösung der aktuellen Aufgabenstellung anzusehen. Abb. 1 zeigt eine typische MathWeb Aufgabe mit Aufgabenstellung, Musterlösung und der korrigierten Eingabe.

The screenshot shows a web interface for a math problem. At the top, a blue header contains the title "Matrizengleichung (1)" and navigation links: "Ergebnis prüfen", "Beispiel", "Lösung", "Neue Aufgabe", "Beschreibung", "Restore", "Export", "Debug", "Problem melden", and "Zurück". Below the header, the task instruction reads: "Bestimmen Sie die Lösung X der Matrizengleichung". The equation is $A^T \cdot (B + 3X) = C^T$. A text input field for the answer shows $X = \frac{-(B - (CA^{-1})^T)}{3}$ with a green checkmark on the right. Below the input field, the correct answer is displayed in a green box:
$$\frac{-(B - (CA^{-1})^T)}{3}$$
. Underneath, a section titled "Lösung" shows the step-by-step derivation:
$$\begin{aligned} A^T \cdot (B + 3X) &= C^T && | A^{-T} \\ \Leftrightarrow B + 3X &= A^{-T} \cdot C^T && | -B \\ \Leftrightarrow 3X &= A^{-T} \cdot C^T - B && | \cdot \frac{1}{3} \\ \Leftrightarrow X &= \frac{1}{3} (A^{-T} \cdot C^T - B) \end{aligned}$$
 At the bottom right of the solution area, it indicates "(2 Punkte)" and a score of "2/2".

Abbildung 1: Beispiel für eine MathWeb Aufgabe zum Thema Matrizengleichungen.

Das System wurde bislang zum freien Üben und für interaktive Aufgabenblätter genutzt. In dem Projekt Online-Coach wurde das System zu einer interaktiven Lernumgebung erweitert. Den Kern bilden interaktive Lernkarten, die den Lernprozess der Studierenden nachbilden. Abb. 2 zeigt eine Lernkarte zum Thema Lösen eines linearen Gleichungssystems. Zunächst soll erkannt werden, ob ein Gleichungssystem in Stufenform vorliegt. Danach soll ein lineares Gleichungssystem mit Hilfe eines interaktiven Gauß-Elements in Stufenform gebracht werden. Später sollen allgemeine lineare Gleichungssysteme mit dem Gauß-Element in Stufenform überführt werden. Zum Abschluss sollen lineare Gleichungssysteme mit 3 bzw. 4 Unbekannten von Hand gelöst werden.

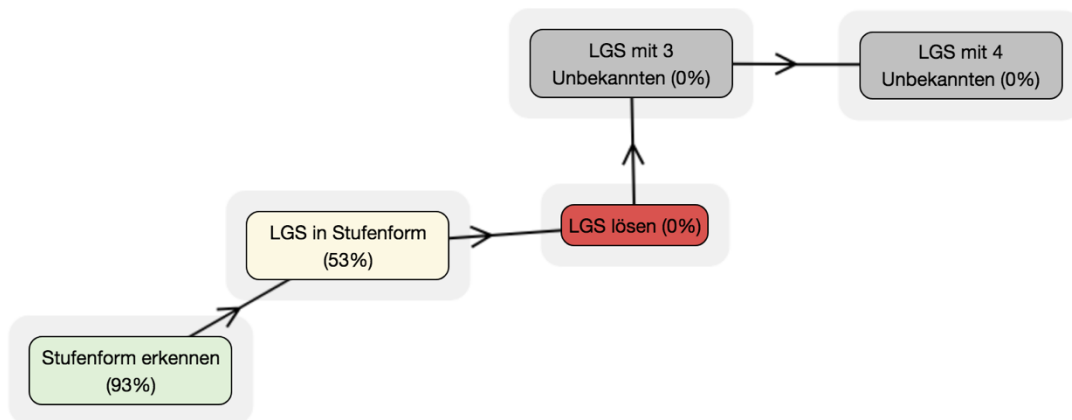


Abbildung 2: Beispiel für eine interaktive Lernkarte.

Technische Umsetzung

Im Rahmen des Projektes wurde die Anzahl der interaktiven Aufgaben deutlich vergrößert: von ca. 200 Aufgaben auf mehr als 500 Aufgaben. Um einen Überblick über die Aufgaben zu bewahren, wurde eine Aufgabendatenbank entwickelt, die es gestattet in einer Freitextsuche nach Aufgaben zu suchen und diese auszuprobieren (siehe Abb. 3).

Aufgabenpool Gauß

Inhalt

- Mathematik
- Physik
- E-Technik
- Mechanik
- Wirtschaftswissenschaften

Name Lineares Gleichungssystem in Stufenform lösen

Autor Klaus Giebertmann

ID 01010320

Keywords

Link <https://iti.mint-web.de/exercises/index1.php?id=01010320>

Beschreibung In dieser Aufgabe sollen Sie ein lineares Gleichungssystem mit dem Gauß-Algorithmus lösen. Das lineare Gleichungssystem erscheint als erweiterte Matrix, auf die elementare Zeilenumformungen angewandt werden können.

Sie können eine Zeile

- innerhalb der Matrix auswählen, um diese an eine andere Stelle zu verschieben,
- rechts neben der Matrix auswählen, um diese mit einer Zahl $\neq 0$ zu multiplizieren
- rechts neben der Matrix auswählen und auf eine andere Zeile ziehen, um ein Vielfaches der ersten Zeile auf die zweite Zeile zu addieren.

Das Ziel besteht darin, durch geeignete Umformungen die Matrix auf Diagonalgestalt zu überführen und dann die Lösung abzulesen.

Beispiel

Lösen Sie das lineare Gleichungssystem

$$A\vec{x} = \vec{b}$$

mit

$$A = \begin{pmatrix} 7 & -8 & 1 & -2 & -5 \\ 0 & -6 & -6 & 0 & -8 \\ 0 & 0 & -7 & 9 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & -3 & -8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -9 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} -3 \\ 74 \\ 3 \\ 50 \\ 36 \end{pmatrix}.$$

Lösung

Zuerst eliminieren wir alle Elemente oberhalb der Hauptdiagonalen:

$$\left(\begin{array}{ccccc|c} 7 & -8 & 1 & -2 & -5 & -3 \\ 0 & -6 & -6 & 0 & -8 & 74 \\ 0 & 0 & -7 & 9 & -2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & -3 & -8 & 50 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -9 & 36 \end{array} \right) \quad \left(\begin{array}{ccccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right)$$

Abbildung 3: Für die Zusammenstellung von Aufgaben kann auf eine Aufgabendatenbank zurückgegriffen werden. Hier können nach Schlagworten gesucht und Beispiele von Aufgaben angezeigt werden.

Zur Erstellung der Lernkarten wurde ein spezieller web-basierter Editor gebaut (siehe Abb. 4). Dieser Editor gestattet es, ohne Programmierkenntnisse Lernkarten zu definieren und mit Übungsaufgaben zu bestücken.

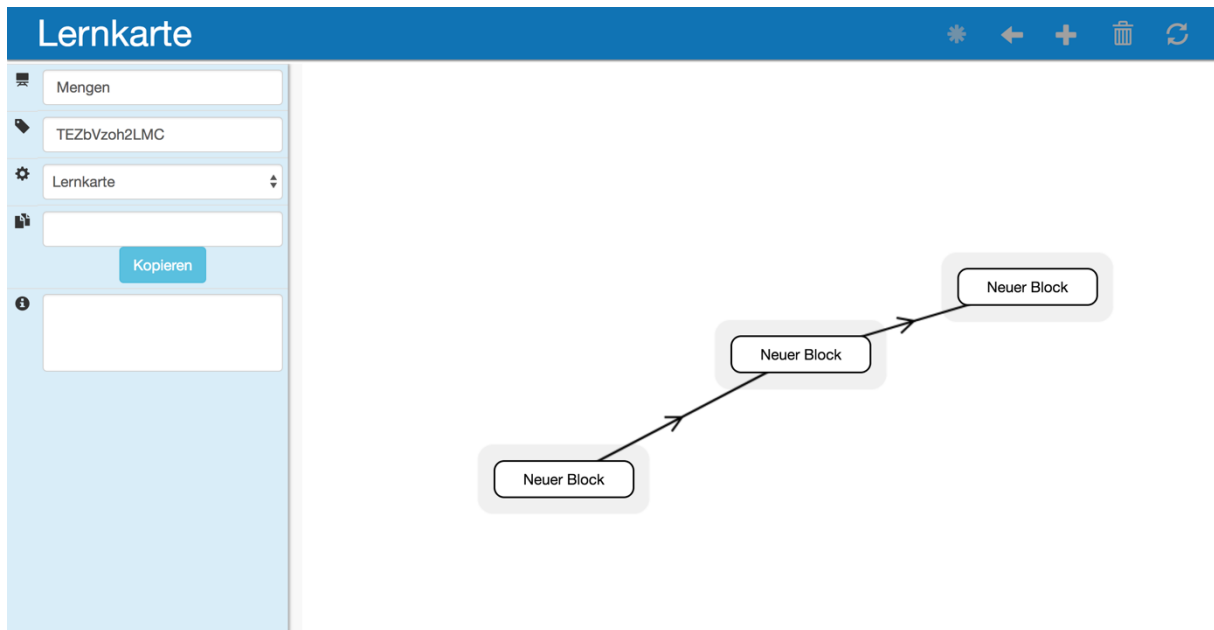


Abbildung 4: Mit Hilfe des web-basierten Editors können Lernkarten einfach gebaut werden.

Damit sich Studierende untereinander über die aktuellen Lernkarten austauschen können, wurde auch ein spezielles Chat System gebaut, das bei der Lernkartenansicht integriert ist. Neben normalen interaktiven Aufgaben wurden auch interaktive Arbeitsblätter entwickelt, mit denen Studierende schrittweise komplexe Aufgaben lösen sollen. Eine Aufgabe wird dabei in viele Teilschritte zerlegt, die nacheinander zu bearbeiten sind. Im Gegensatz zu normalen Aufgaben wird hier aber keine Musterlösung mehr angezeigt (siehe Abb. 5)

Wertebereich einer Funktion

Ergebnis prüfen Neue Aufgabe Beschreibung Zurück

Gesucht ist der Wertebereich der Funktion $f: D \rightarrow \mathbb{R}$ mit

$$f(x,y) = 2x^2 - 8x + y^2 - 6y + 16$$

und

$$D = \{(x,y) \in \mathbb{R}^2 : 2x^2 + y^2 < 19\}.$$

Der Wertebereich der Funktion f ergibt sich direkt aus dem globalen Maximum und Minimum der Funktion f auf D . Geben Sie alle Zwischenergebnisse, falls nötig, auf drei Nachkommastellen genau an. Wir bestimmen zunächst die lokalen Extrema im Inneren von D .

Bestimmen Sie den Gradienten der Funktion f :

$\nabla f(x,y) = \begin{pmatrix} 4x-8 \\ 2y-6 \end{pmatrix}$ ✓ $\begin{pmatrix} 4x-8 \\ 2y-6 \end{pmatrix}$

Bestimmen Sie alle Lösungen von $\nabla f(x,y) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$.

Geben Sie das Ergebnis in der Form $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots$ an.

$(2,3)$ ✓ $(2,3)$

Jetzt müssen wir ermitteln, ob der Punkt $(2,3)$ im Inneren von D liegt.
Welche Ungleichung muss ein Punkt (x,y) genau erfüllen, damit er in D liegt?

Ungleichung: $2x^2 + y^2 < 19$ ✓ $2x^2 + y^2 < 19$

Werten Sie den Ausdruck $2x^2 + y^2$ für $x = 2$ und $y = 3$ aus.

Wert:

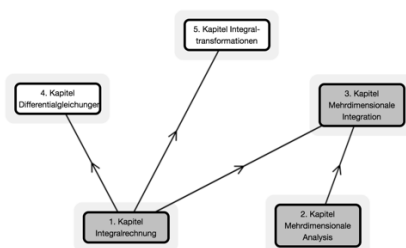
Abbildung 5: Mit interaktiven Arbeitsblättern werden Studierende Schritt für Schritt durch komplexe Aufgaben geführt.

Schließlich wurde das System um eine Portfolio-Ansicht erweitert, über die Studierende die geforderten Aufgaben und ihren aktuellen Stand einsehen können (siehe Abb. 7a und 7b).

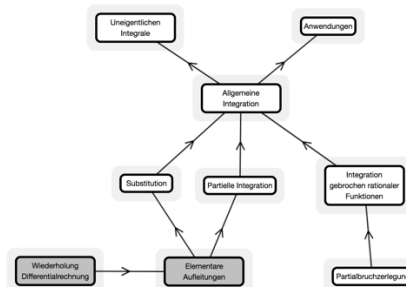
Das MathWeb-System wird über die LTI Schnittstelle (Learning Tools Interoperability) mit dem vorhandenen Lern-Management-System (z.B. Moodle) verbunden. Damit wird die Benutzerverwaltung von Moodle übernommen und MathWeb muss keine personenbezogenen Daten speichern. Diese Form der Anbindung erlaubt es auch, das System von verschiedenen Hochschulen aus zu nutzen. Neben Moodle unterstützt z.B. ILIAS die LTI-Schnittstelle.

Einsatz in der Lehre

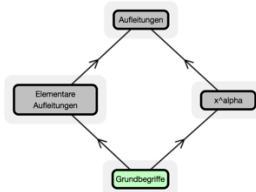
Im SS 2017 wurde das System in dem Modul Ingenieurmathematik II eingesetzt. Zunächst war die Idee, den kompletten Inhalt der Vorlesung in einer geschachtelten Übersicht anzubieten (Siehe Abb. 6, a-d). Dadurch sollten Studierende erkennen, welche Teile der Vorlesung miteinander verzahnt sind. In Gesprächen mit den Studierenden kam allerdings heraus, dass viele Studierende diese Form der Darstellung als zu unübersichtlich empfanden. Durch die vielen Unterkarten ging leider der erhoffte Zusammenhang verloren.



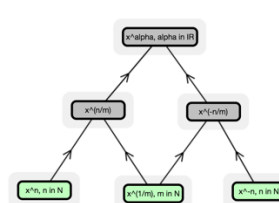
a) Der Inhalt des gesamten Semesters als Lernkarte



b) Ansicht des 1. Kapitels



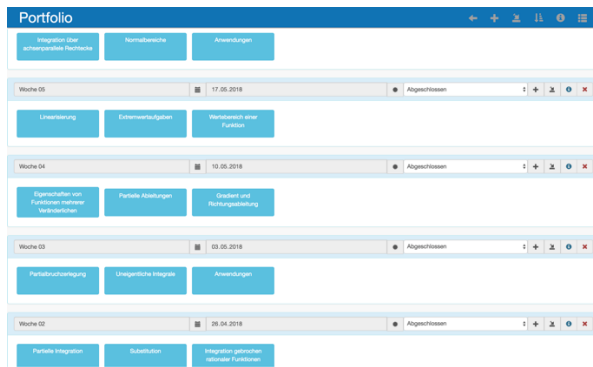
a) Ansicht „Elementare Auflösungen“



d) konkrete Aufgaben im Unterblock x^α

Abbildung 6: Einsatz der Lernkarten im SS 2017. Der komplette Inhalt der Vorlesung wird über ineinander geschachtelte Lernkarten dargestellt.

Aufgrund der Ergebnisse aus dem SS 2017 wurde im WS 2017/18 ein Portfolio-Ansatz gewählt. In der Vorlesung werden Lernziele (sogenannte Fertigkeiten) definiert, die später eingeübt werden sollen. Jede Fertigkeit wird über eine Lernkarte abgebildet, die von einfachen über mittelschweren hin zu schweren Aufgaben zu diesem Thema führt (siehe Abb. 2). Erst wenn ein Aufgabenblock erfolgreich bearbeitet worden ist, d.h. die Lösungsquote der letzten fünf Versuche hinreichend hoch ist, wird der darauf anschließende Block freigegeben. Diese Fertigkeiten werden in einem Portfolio gesammelt und den Studierenden über ein Ampelsystem angezeigt (siehe Abb. 7b).



a) Ansicht des Lehrenden auf das Portfolio



b) Ansicht eines Studierenden auf das Portfolio

Abbildung 7: Einsatz des Portfolios im SS 2018

Auswertung

Befragung der Studierenden

Während der Vorlesungszeit wurden mehrmals Befragungen der Studierenden in Freitextform durchgeführt. Die Mehrheit der Studierenden hat sich dabei positiv über das Online-System geäußert. Kritik wurde aber über den Arbeitsaufwand geäußert. Abb. 8 zeigt ein paar ausgewählte Kommentare der Studierenden.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Studierenden das System angenommen und die Notwendigkeit zum ständigen Üben erkannt haben.

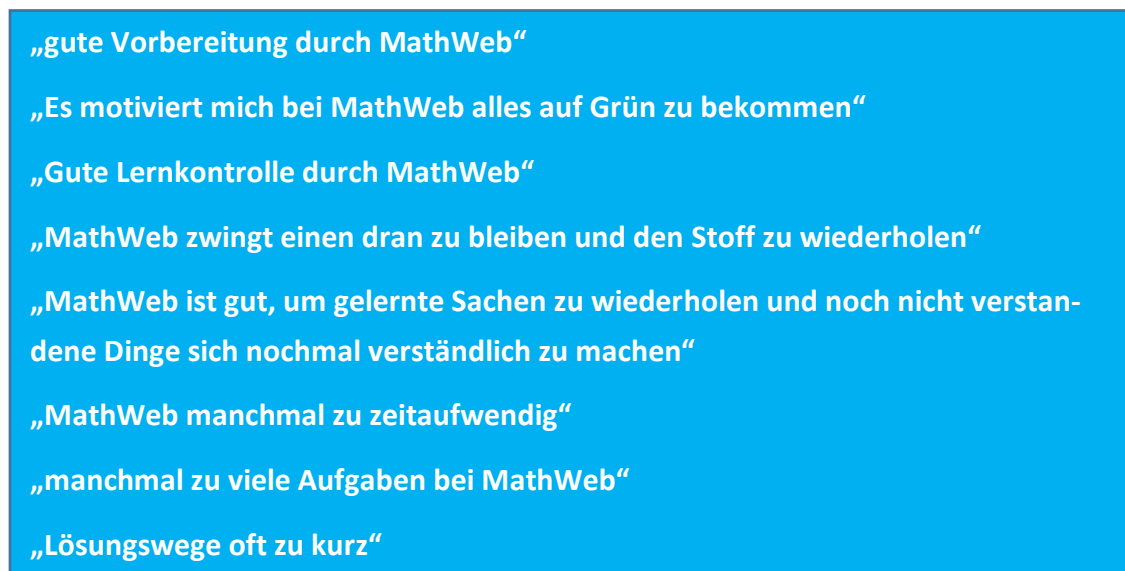
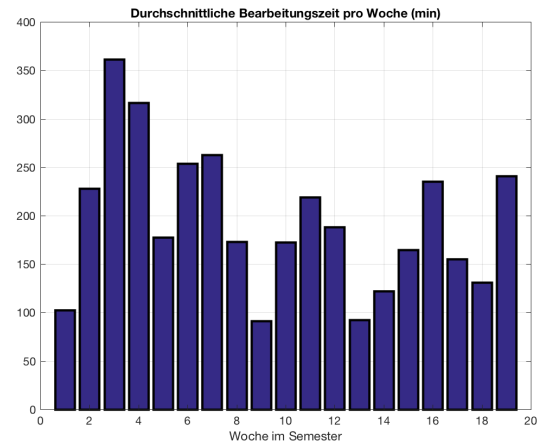
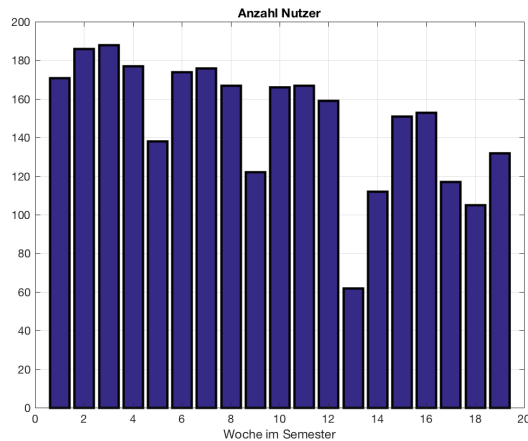


Abbildung 8: Feedback der Studierenden

Datenauswertung

Über das Semester hinweg wurde die Nutzung des Systems durch die Studierenden protokolliert. Abb. 9a zeigt die aktiven Nutzer des Systems pro Vorlesungswoche im WS 2017/18. Zu beachten sind die Einschnitte in Woche 4 (Herbstferien), Woche 9 (Projektwoche), Wo-

chen 13/14 (Weihnachtsferien) und die Wochen 17/18 (Ende der Vorlesungszeit). Abb. 9b zeigt die durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit an, die Studierende mit dem Online-Coach gearbeitet haben. Dazu wurde die Zeitspanne zwischen Aufruf einer Aufgabe und der Kontrolle des Ergebnisses gemessen. Hier zeigt sich, dass Studierende in der Woche durchschnittlich zwischen zwei und sechs Stunden mit dem Online-Coach gearbeitet haben.



a) Anzahl aktiver Nutzer über das Semester hinweg

b) durchschnittliche wöchentliche Bearbeitungszeit

Abbildung 6: Auswertung der protokollierten Daten.

Die Frage war, ob die deutlich intensivere Beschäftigung mit Mathematikaufgaben auch einen Einfluss auf die Klausurergebnisse hat. Hierzu wurde die Mathematik 1 Klausur aus dem WS 2014/15, vor der letztmalig Übungsblätter handschriftlich bearbeitet werden mussten, im WS 2017/18 erneut gestellt. In WS 2017/18 mussten die Studierenden das Portfolio als Prüfungsvorleistung bearbeiten und mit mindestens 50% abschließen. Es zeigte sich, dass die Durchfallquote durch die intensive Beschäftigung mit dem Online-Coach deutlich gesunken ist (siehe Tabelle 1).

	WS 2014/2015	WS 2017/2018
Teilnehmer	194 / 53%	144 / 29%
Durchfallquote	53%	29%

Tabelle 1: Klausurergebnisse vor und nach Einführung des Online-Coach System

Der Blick auf die erreichten Punkte zeigt deutlich, dass gerade im unteren Bereich ein deutlicher Anstieg beobachtet werden kann. Abb. 10 zeigt die erzielten Punkte pro Klausur aufgetragen über der normalisierten Anzahl der Studierenden. Die Punkte sind dabei nach der Größe sortiert. Bei insgesamt 120 möglichen Punkten galt die Klausur als bestanden, wenn mindestens 50 Punkte erreicht wurden. Die gelbe Kurve zeigt das Ergebnis für alle Studierende aus dem WS 2014/15, die blaue Kurve zeigt die Punkteverteilung aus dem WS 2017/18. Zum Vergleich werden auch die Ergebnisse der Maschinenbaustudierenden aus dem WS 2014/15 gezeigt, die in Klausuren üblicherweise besser abschneiden als die WING-Maschinenbau-Studierenden. Während im unteren und oberen Bereich kaum ein Unterschied zu erkennen ist, zeigt sich bei der blauen Kurve ein deutlich besseres Ergebnis im Bereich von 10%-70%.

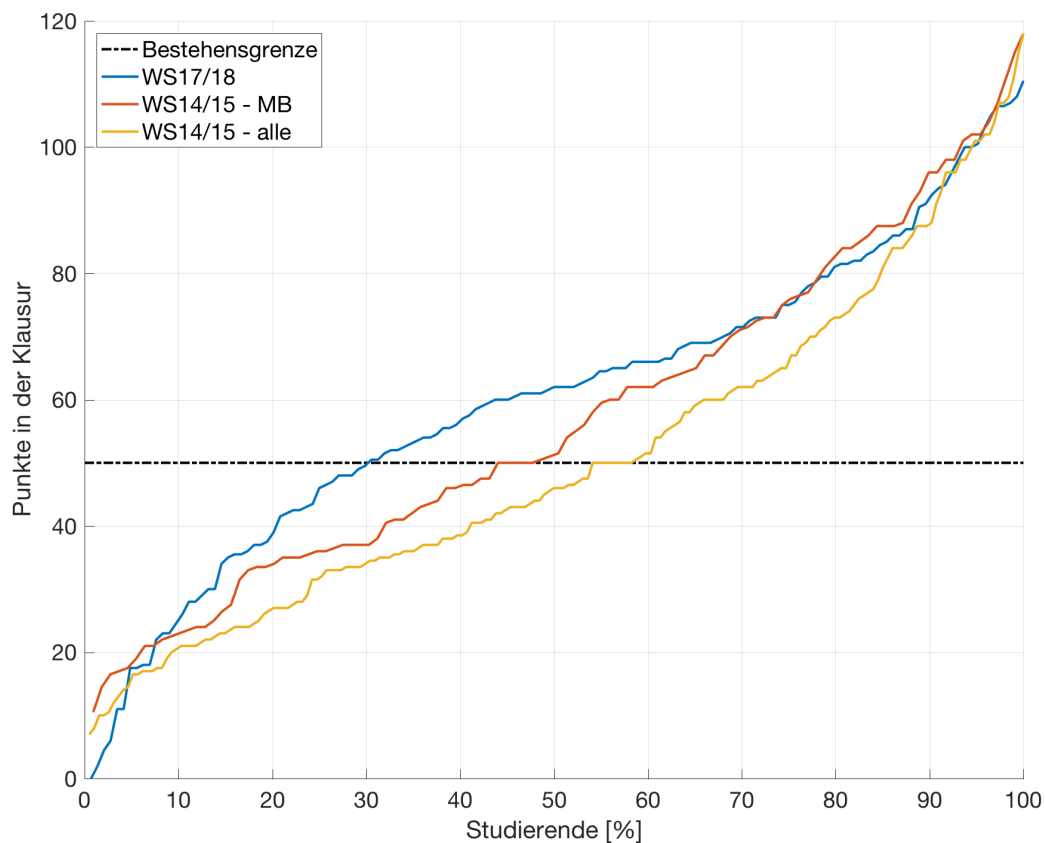


Abbildung 10: Punkteverteilung in den Klausuren

Verstetigung

Die Interaktiven Lernkarten sind inzwischen ein zentraler Bestandteil der Lehre und des Übungsbetriebs geworden. Das System wird inzwischen an der Hochschule Ruhr West in weiteren Mathematik Modulen eingesetzt. Darüber hinaus wurden auch Aufgaben in dem Bereich der Wirtschaftswissenschaften und der Elektrotechnik erstellt und in der Lehre eingesetzt. Neben der HRW wird der Online-Coach auch an weiteren Hochschulen genutzt, z.B. an der Hochschule Bochum oder der TH Köln.

Fazit

Die in dem Projekt angestrebten Ziele sind allesamt erreicht worden. Zu beachten ist aber, dass das neue Instrument behutsam eingesetzt werden muss, da die Arbeitsbelastung für die Studierenden schnell zu hoch werden kann.

Globale Lernkarten sind von Studierenden nicht angenommen worden, sie waren anscheinend für Studierende zu unübersichtlich. Demgegenüber bevorzugten Studierende den Portfolioansatz, in dem kleine, isolierte Lernkarten genutzt werden.