

Individualisierte Lernerfahrung durch digitales, adaptives Feedback

Ana Donevska-Todorova, Katharina Simbeck, Katrin Dziergwa

Abstract *Individuell angepasste Lernmaterialien zum richtigen Zeitpunkt sind aus didaktischer Sicht wünschenswert. Gerade Grundlagenlehrveranstaltungen in den Informatik- und wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen sind häufig stark belegt. Die Studierenden kommen mit unterschiedlichen Vorkenntnissen und Fähigkeiten, weshalb eine studierendenzentrierte Adaptivität der Lehre zwar notwendig, aber nicht immer einfach umzusetzen ist. Dieser Beitrag widmet sich der Individualisierung von Lernpfaden mithilfe von adaptiven Elementen in Learning-Management-Systemen. Durch die Interaktionen mit Moodle-Quizaufgaben und automatischem, gezieltem Feedback ergeben sich individuelle Lernpfade. Hier werden solche Interaktionsmöglichkeiten zunächst theoretisch begründet. Danach wird versucht, Fragen zu der Wirkung von unterschiedlichen Arten von adaptivem Feedback auf den Lernerfolg zu beantworten.*

Modified learning materials for each learner at the right time are desirable from a didactic perspective. Basic courses in Computer Science and Economics degree programmes in particular are often very populated. Students enter the courses with different prior knowledge and skills, which is why student-centred adaptive teaching is necessary, but not always easy for implementation. This article is dedicated to the individualisation of learning paths with the help of adaptive elements in Learning Management Systems. Interactions with Moodle quizzes and automatic, targeted feedback result in individualised learning paths. In this article, such interaction possibilities are first explained theoretically. The article then attempts to answer questions about the effects of different types of adaptive feedback on learning success.

1. Einleitung

Individuell angepasste Lernmaterialien zum richtigen Zeitpunkt sind aus didaktischer Sicht wünschenswert. Gerade Grundlagenlehrveranstaltungen in den Informatik- und wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen sind häufig stark belegt. Die Studierenden kommen mit unterschiedlichen Vorkenntnissen und Fähigkeiten, weshalb eine studierendenzentrierte Adaptivität der Lehre zwar notwendig, aber nicht immer einfach umzusetzen ist. Dieser Beitrag widmet sich der Individualisierung von Lernpfaden mithilfe von adaptiven Elementen in Learning-Management-Systemen (LMS). Durch die Interaktionen mit Moodle-Quizaufgaben und automatischem, gezieltem Feedback ergeben sich individuelle Lernpfade. Hier werden solche Interaktionsmöglichkeiten zunächst theoretisch begründet. Danach wird versucht, Fragen zu der Wirkung von unterschiedlichen Arten von adaptivem Feedback auf den Lernerfolg zu beantworten.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Selbstreguliertes Lernen und Feedback

Selbstreguliertes Lernen bezeichnet die Fähigkeit, den eigenen Lernprozess zu planen, zu steuern und zu bewerten. Die Fähigkeit zum selbstregulierten Lernen ist eine Voraussetzung für den individuellen Studienerfolg. Die Gestaltung kompetenzorientierter Lehrveranstaltungen und studierendenzentrierter Curricula, die selbstreguliertes Lernen fördern, ist deshalb wichtig für Hochschulen. Mehrere Feldstudien zeigen positive Wirkungen von LMS-unterstützten Maßnahmen für die Selbstregulationskompetenzen z.B. in einem Statistik-Modul (Radtke et al., 2023) oder durch die Steigerung von Lernerfolg und Motivation mit gamifizierten LMS-Aufgaben in der Mathematik (Neugebauer & Frochte, 2023). Selbstreguliertes Lernen wurde in der Literatur als adaptiver Prozess definiert (vgl. Butler & Winne, 1995). Zimmerman (2008) versteht unter den Begriff »Selbststeuerung« eine Regulation von behavioralen, kognitiven und metakognitiven Prozessen.

2.2 Arten von Feedback

Unterschiedliche Arten von Feedback wurden häufig für spezifische Fachgebiete auf der Mikroebene untersucht, z.B. für Programmierung bei Studienanfänger*innen (Brocker & Schroeder, 2023; Roest et al., 2024) oder auch in der Mathematik (Blanc et al., 2023). Weiter wurde die Adaptivität von Feedback bei der Bearbeitung von digitalen Aufgaben z.B. in der Mathematik beforscht und eine Forschungslücke bei der Wirksamkeit adaptiver Strategien identifiziert (vgl. Blanc et al., 2023). Dieser Artikel untersucht Wirkungen von drei unterschiedlichen Arten von Feedback:

- *Elaboratives Feedback (EF)*, das eine Erklärung oder einen Hinweis anbietet,
- *Correctness of the Answer Feedback (CF)*, das angibt, ob die gegebene Antwort korrekt ist, und
- *Correct Answer Feedback (CAF)*, das die richtige Antwort zeigt,

am Beispiel eines Kurses in Grundlagen »Investition und Finanzierung« (I&F). Beispiele der einzelnen Feedbackarten folgen im Abschnitt 4.1.

2.3 Kompetenzraster

Um digitale Lehrmaterialien und Moodle-Aufgaben mit Feedbackoptionen entwickeln zu können, wurde ein Kompetenzraster entwickelt und im Rahmen einer Befragung der Lehrenden, die Module zu Investition und Finanzierung an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin lehren, validiert und priorisiert. Folgende Kompetenzen wurden als Kompetenzraster für die zu entwickelnden Lehrmaterialien ausgewählt:

- Finanzmathematische Grundlagen verstehen
- Bedeutung von Investitionen für Unternehmen, Investitionen als Entscheidungsproblem verstehen
- Verständnis und Anwendung verschiedener Verfahren der Investitionsrechnung, Beurteilung von Investitionen mithilfe unterschiedlicher Methoden
- Auswahl einer geeigneten Methode der Investitionsrechnung

Das Modul Investition und Finanzierung ist klassischer Bestandteil von Studiengängen mit wirtschaftswissenschaftlichem Bezug, wie z.B. Betriebswirtschaftslehre, Wirtschaftsinformatik oder Wirtschaftsingenieurwesen.

3. Forschungsdesign

Die systematische Entwicklung, Erprobung und Bewertung von Lehrmaterialien mit adaptivem Feedback erfolgte in zwei Design-Research-Zyklen. Die Phasen der Konzeption und Entwicklung der Prototypen, der experimentellen Erprobung und der Evaluation und Skalierung in den beiden Design-Research-Zyklen ermöglichten nicht nur eine direkte Umsetzung, sondern auch eine geplante, strategische Weiterentwicklung und Anwendung der Materialien in neuen Kontexten. Die neuen Kontexte beziehen sich auf die praktische Implementierung der Materialien in unterschiedlichen Modulen, die von unterschiedlichen Lehrpersonen gelehrt wurden und in denen die Materialien mit unterschiedlichen Fokusgruppen in synchronen und asynchronen Lernsettings erprobt wurden.

Der Fokus lag dabei auf den kognitiven Aspekten und Wirkungen der entwickelten digitalen Lernmaterialien mit adaptiven Elementen, insbesondere dem Lernerfolg. Neben dem Lernerfolg zielten die eingesetzten Feedbackarten auf eine Steigerung der Motivation der Lernenden ab. In diesem Sinne wurden hier hauptsächlich die folgenden zwei Hypothesen betrachtet.

H1: Der Lernerfolg im LMS-Test mit eingebautem elaborativem Feedback (EF) ist höher als in Tests ohne Feedback.

H2: Elaboratives Feedback hat eine stärkere Wirkung auf die LMS-Test-Ergebnisse als Correct Answer Feedback (CAF).

Um die Hypothesen bestätigen oder ablehnen zu können, wurden gezielt bestimmte Phasen in den zyklischen Design-Research-Verlauf konzipiert.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Konzeption und Entwicklung

Im weit verbreiteten LMS Moodle wurden Fragensammlungen entlang der Kompetenzen (siehe Abschnitt 2.2) entwickelt.

Abbildung 1: Beispielaufgabe mit eingebautem differenziertem Feedback: EF, CF und CAF

Frage 1

Verbleibende
Versuche: 3
Erreichbare
Punkte: 1,00

Fr. Fleißig möchte 10.000 Euro anlegen. Berechnen Sie das Guthaben nach einem Zeitraum von 10 Jahren bei einem Zinssatz von 1,5% jährlich. Runden Sie auf zwei Nachkommastellen.

Antwort: 11000

Sie können das Guthaben nach 10 Jahren durch eine Formel berechnen.

Nochmal versuchen

Frage 1

Verbleibende
Versuche: 2
Erreichbare
Punkte: 1,00

Fr. Fleißig möchte 10.000 Euro anlegen. Berechnen Sie das Guthaben nach einem Zeitraum von 10 Jahren bei einem Zinssatz von 1,5% jährlich. Runden Sie auf zwei Nachkommastellen.

Antwort: 11500

Haben Sie die richtige Formel zum Ab- oder Aufzinsen benutzt?

Nochmal versuchen

Frage 1

Verbleibende
Versuche: 1
Erreichbare
Punkte: 1,00

Fr. Fleißig möchte 10.000 Euro anlegen. Berechnen Sie das Guthaben nach einem Zeitraum von 10 Jahren bei einem Zinssatz von 1,5% jährlich. Runden Sie auf zwei Nachkommastellen.

Antwort: 11600

Sie können die folgende Formel benutzen:

$$K_n = K_0 \cdot (1 + i)^n$$

wobei n die Anzahl der Jahre wiedergibt und i für den Zinssatz steht.

Nochmal versuchen

Frage 1

Falsch
Erreichbare
Punkte: 1,00

Fr. Fleißig möchte 10.000 Euro anlegen. Berechnen Sie das Guthaben nach einem Zeitraum von 10 Jahren bei einem Zinssatz von 1,5% jährlich. Runden Sie auf zwei Nachkommastellen.

Antwort: 11650



Die richtige Antwort ist: 11605,41

Abbildung 1 zeigt eine Beispielaufgabe mit integriertem differenziertem Feedback: elaboratives Feedback (EF) (die ersten drei orangen Bereiche in Abb. 1), Correctness of the Answer Feedback (CF) («falsch» in der grauen Fläche ganz unten links in Abb. 1) und Correct Answer Feedback (CAF) (der letzte orange Bereich ganz unten in Abb. 1).

4.2 Lehren

Zunächst wurde ein fachspezifisches Kompetenzraster (Abschnitt 2.2) für die Grundlagenlehrveranstaltung »Investition und Finanzierung« (I&F) unter Einbeziehung von mehreren Lehrkräften entwickelt. Die Befragung der Lehrkräfte bestand aus vier Blöcken: Angaben zur Lehrveranstaltung, Ziele und fachspezifische Kompetenzen der Lehrveranstaltung, Angaben zur Person, Danksagung und Kontakt. Die Befragung umfasste geschlossene und offene Fragen, bei manchen Fragen gab es die Möglichkeit, sie unbeantwortet zu lassen. Die Umfrage wurde online durchgeführt und die Teilnahme war freiwillig. Fünfzehn Personen haben an der Umfrage anonym teilgenommen. Dies entspricht einer Quote von 71 % der Lehrenden im Modul Investition und Finanzierung. Die erhobenen Daten wurden analysiert und bewertet. Die Ergebnisse aus der Umfrage haben gezeigt, dass die Potenziale der Moodle-Tools den Lehrenden noch nicht vollständig bekannt waren. Um die Bekanntheit der Möglichkeiten zu steigern und die Lehrenden zu unterstützen, wurden unterschiedliche Maßnahmen wie Moodle-Aktivitäten entwickelt und in Angebote zur Qualifikation in den bestehenden Weiterbildungsangeboten der Hochschule eingebettet.

4.3 Lernen

Die entwickelten Lehrmaterialien mit adaptivem Feedback wurden in mehreren Lehrveranstaltungen experimentell eingesetzt. Im Sommersemester 2022 wurde ein Test zum Vorwissen in Finanzmathematik in einer Lehrveranstaltung durchgeführt. Nach diesem Piloten wurden im Wintersemester 2022/23 Tests zur Finanzmathematik und zur Investitionsrechnung in weiteren Lehrveranstaltungen durchgeführt.

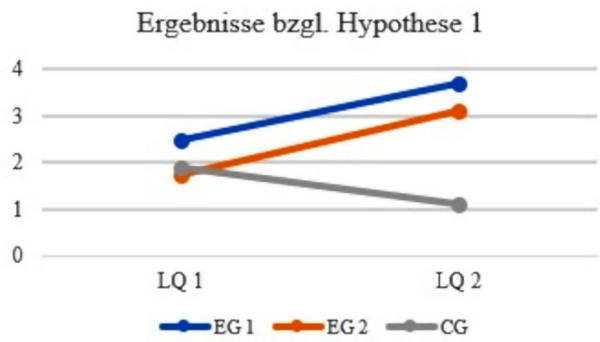
Die Studierenden hatten bei allen drei Tests (Learning Quiz 1 [LQ1], Learning Quiz 2 [LQ2] und Learning Quiz [LQ3] in Tabelle 1) eine unbegrenzte Anzahl von Versuchen, die jeweils höchste Punktzahl im Moodle-Test wurde für die Messung des Lernerfolgs als abhängige Variable genutzt.

Tabelle 1: Erreichte durchschnittliche Punktzahl und Partizipation an den Moodle-Tests im 1. Design-Research-Zyklus in WS 2022/23. Abkürzungen: elaboratives Feedback (EF), Correctness of the Answer Feedback (CF), Correct Answer Feedback (CAF), ohne Feedback (OF)

Test/Learning Quiz (LQ)	Erreichte durchschnittliche Punktzahl, Anzahl von Studierenden bei den LMS-Moodle-Tests in Klammern		
	Experimental- gruppe 1 (EG 1)	Experimental- gruppe 2 (EG 2)	Kontrollgruppe 3 (CG)
Test/LQ 1 Anzahl von Aufgaben: 8 Zeitbegrenzung: 90 Minuten	2.49 (9) EF	1.72 (5) EF	1.89 (9) OF
Test/LQ 2 Anzahl von Aufgaben: 4 Zeitbegrenzung: unbegrenzt	3.69 (11) EF	3.09 (30) EF	1.11 (6) CF
Test/LQ 3 Anzahl von Aufgaben: 4 Zeitbegrenzung: unbegrenzt	2.89 (9) CAF	2.56 (9) CAF	10.00 (1) CAF

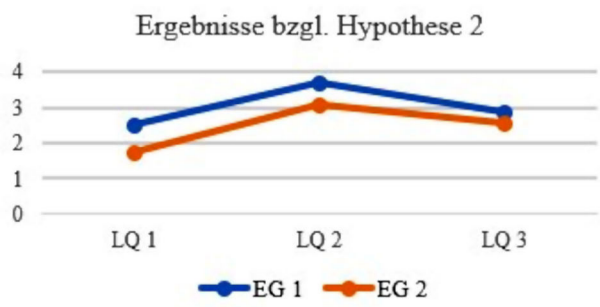
In Bezug auf die erste Hypothese (H1), die den Lernerfolg mit elaborativem Feedback und ohne Feedback in Moodle-Test-Aufgaben vergleicht, zeigt die Abbildung 2 folgende Ergebnisse: Bei den beiden experimentellen Gruppen (EG 1 und EG 2), die die Tests mit elaborativem Feedback (unabhängige Variable) absolvierten, gibt es einen Zuwachs bei der erreichten Punktzahl (abhängige Variable) vom ersten (LQ 1) auf den zweiten Test (LQ 2) (blaue und orange Linien in Abb. 2). Im Kontrast dazu gibt es einen Rückgang bei der Kontrollgruppe (CG), die die Aufgaben ohne Feedback bekommen hat (graue Linie in Abb. 2).

Abbildung 2: Ergebnisse für die Hypothese 1 (Wirkung von elaborativem Feedback)



Die Ergebnisse bezüglich der zweiten Hypothese deuten darauf hin, dass elaboratives Feedback eine stärkere Wirkung auf die Punktzahl als Correct Answer Feedback (CAF) hat. Das ist sichtbar an der Steigung bei beiden Linien (blau für die EG 1 und orange für die EG 2) vom ersten auf den zweiten Test mit EF, es gibt jedoch Schwankungen vom zweiten auf den dritten Test mit CAF (Abb. 3). Allerdings ist hier anzumerken, dass es trotzdem einen Zuwachs zwischen den ersten und den dritten Test bei den beiden EG gibt.

Abbildung 3: Ergebnisse für die Hypothese 2 (elaboratives Feedback im Vergleich zum Correct Answer Feedback)



Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse, dass elaboratives Feedback größere Effekte als Correctness of the Answer Feedback (CF) oder Correct Answer Feedback (CAF) auf den Lernerfolg hat, was den Ergebnissen von Van der Kleij, Feskens und Eggen (2015) entspricht.

Ein weiterer Aspekt ist die Teilnahme. In unseren Tests haben mehr Studierende an den Moodle-Tests in synchronen Settings teilgenommen als in asynchronen. Die quantitativen Daten (Tabelle 1) zeigen auch, dass die Partizipation bei Tests ohne Zeitbegrenzung in EG 1 gleich (9 Teilnahmen im Test 3) oder höher (11 Teilnahmen in Test 2) war und in EG 2 höher (30 Teilnahmen in Test 2 und 9 Teilnahmen in Test 3) im Vergleich zu 90-Minuten-Tests (9 Teilnahmen in der EG 1 und 5 Teilnahmen in der EG 2 in Test 1 in der Tabelle 1). Das könnte bedeuten, dass die Lernenden ihre Zeit bei solchen Tests lieber selbst regulieren möchten, als sie vorgegeben zu bekommen. Es kann aber auch sein, dass diese Selbststeuerung und die Entscheidung, an den Tests teilzunehmen, von der unterschiedlichen Anzahl von Aufgaben in den Tests beeinflusst war. So ist die Teilnahme an den Tests mit weniger Aufgaben (4 Aufgaben in Test 2 und Test 3) bei beiden EG höher als an den Tests mit mehr Aufgaben (8 Aufgaben in Test 1 in der Tabelle 1). In weiteren Design-Experimenten könnten diese unabhängigen Variablen (Zeit und Anzahl von Aufgaben in den Tests) separat betrachtet werden, um diese Interpretationen zu überprüfen.

Für die Qualitätssicherung und Evaluation wurde eine Umfrage »Feedback zum Test« mit 17 Fragen innerhalb des LMS entwickelt und umgesetzt. Damit haben die Teilnehmer*innen die Möglichkeit bekommen, ihre Meinung und Eindrücke zu den Lernmaterialien zu äußern.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der hier beleuchteten Lehrinnovationen war es nicht, klassische analoge Aufgaben zu digitalisieren, sondern Variationen von Aufgaben mit adaptivem Feedback zu erstellen. Es ist vorteilhaft, dass die Tests und die Aufgaben mehrmals bearbeitet werden können. Die Aufgaben werden bei Multiple-Choice- und Drag-and-Drop-Fragen doppelt randomisiert. Das automatisierte Feedback reduziert die Zeit bis zur Rückmeldung für die Studierenden von mehreren Tagen oder Wochen auf wenige Sekunden.

Der vorgestellte Ansatz stützt sich auf die Theorie zu selbstgesteuertem Lernen und Feedback und auf ein entwickeltes Kompetenzraster für das Modul Investition und Finanzierung. Um die fachspezifischen Kompetenzen zu

lehren, wurden Lernmaterialien im LMS Moodle entwickelt und experimentell getestet. Obwohl die experimentelle Erprobung mit einer kleinen Teilnehmendengruppe durchgeführt wurde, zeigen die Ergebnisse (im Abschnitt 4.3) unterschiedliche Wirkungen von den Feedbackarten auf den Lernerfolg, was die beiden Hypothesen (Kapitel 3) bestätigt. Das bedeutet, dass die entwickelten Materialien weiter in neuen Lernkontexten genutzt und erforscht werden können.

Der größte Beitrag dieser Arbeit ist die Wiederverwertbarkeit der entwickelten digitalen Aufgaben und Aufgabensammlungen, die außerdem mit der Zeit qualitativ bereichert werden können. Das entspricht dem Konzept der Nachhaltigkeit in der Hochschullehre.

Literaturverzeichnis

- Blanc, B., Reichow, I. & Paaßen, B. (2023). Was wirkt? Eine Literaturstudie zur Wirksamkeit von Systemeigenschaften in Mathematik-Lernumgebungen. 21. *Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI)*. Gesellschaft für Informatik e. V., 293–294. <https://doi.org/10.18420/delfi2023-61>
- Brocker, A. & Schroeder, U. (2023). Investigating Feedback Types in JupyterLab for Programming Novices. 21. *Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI)*. Gesellschaft für Informatik e. V., 103–108. <https://doi.org/10.18420/delfi2023-19>
- Butler, D. L. & Winne, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of Educational Research*, 65(3), 245–281.
- Neugebauer, M. & Frochte, J. (2023). Steigerung von Lernerfolg und Motivation durch gamifizierte Mathematik-Aufgaben in Lernmanagementsystemen. 21. *Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI)*. Gesellschaft für Informatik e. V., 247–248. <https://doi.org/10.18420/delfi2023-39>
- Radtke, A., Osinski, M., Scheffel, M., Serova, K. & Rummel, N. (2023). Help me to help myself: Eine Feldstudie zur Wirksamkeit einer datenbasierten Unterstützung von Selbstregulationskompetenzen in digital gestützten Lernsettings. 21. *Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI)*. Gesellschaft für Informatik e. V., 29–40. <https://doi.org/10.18420/delfi2023-11>
- Van der Kleij, F. M., Feskens, R. C. & Eggen, T. J. (2015). Effects of feedback in a computer-based learning environment on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Review of educational research*, 85(4), 475–511.

Zimmerman, B. J. (2008). Investigating self-regulation and motivation. Historical Background, Methodological Developments, and Future Prospects, *American Educational Research Journal*, 45(1), 166–183. <https://doi.org/10.3102/0002831207312909>

