

Adaptive Selbstlernaufgaben mit STACK

Eva Glasmachers¹, Michael Kallweit²

Abstract: Die Beschäftigung mit Übungsaufgaben ist das wichtigste Lerninstrument für die Mathematik. An der Ruhr-Universität Bochum werden fächerübergreifend Studierenden zur eigenverantwortlichen Vor- und Nachbereitung digitale Mathematikaufgaben in einem eLearning-Kurs zum Selbststudium angeboten. Diese nutzen intensiv die Randomisierungs- und die differenzierten Feedback-Möglichkeiten des Aufgabentyps STACK. Erste Aufgaben wurden nun durch adaptive Aufgabenstellungen, die auch Zwischenschritte ermöglichen, ergänzt.

Keywords: Digitale Aufgaben, Rückmeldebaum, Zwischenschritte, Adaptivität, tutorielle digitale Unterstützung, formatives eAssessment

1 Einleitung

Bei mit dem Moodle-Plugin STACK erstellten digitalen Aufgaben besteht die Möglichkeit, die Lösungseingaben vor der Bewertung vom System weiterzuverarbeiten und damit automatisch ein differenziertes diagnostisches Feedback zur Lösung zu geben zu können [Ka15]. Neben der Musterlösung können im Rückmeldebaum Überprüfungen typischer Fehler oder auch Widersprüche in der Lösung aufgegriffen werden. Visualisierungen unter Einsatz von GeoGebra oder JSX Graph bieten weitere Möglichkeiten, die Aufgabenstellung, die Musterlösung und die Lösungsangabe individuell im Feedback zu veranschaulichen.

An der Ruhr-Universität Bochum werden an der Fakultät für Mathematik seit 2011 digitale Übungsaufgaben in Lehrveranstaltungen eingesetzt, seit 2013 unter Einsatz des Moodle-Plugins STACK. Im Jahre 2015 wurde zudem ein veranstaltungsübergreifender E-Learning Kurs eingerichtet, in dem die Studierenden zur Klausurvorbereitung im Selbststudium ausgewählte Themen wiederholen und aufarbeiten können [GKP17]. Durch den Einsatz von Gamifikation-Elementen wurden für die Beschäftigung mit dem Material Anreize geschaffen. Die Ergänzung durch adaptive Aufgabenformate und damit eine Form der digitalen tutoriellen Unterstützung soll die Interaktion während der Aufgabenbearbeitung und den Lernerfolg erhöhen.

¹ Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Mathematik, Universitätsstr. 150, Bochum, 44780, eva.glasachers@rub.de

² Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Mathematik, Universitätsstr. 150, Bochum, 44780, michael.kallweit@rub.de

2 Adaptive digitale Selbstlernaufgaben

2.1 Grenzen digitaler Aufgaben im klassischen Einsatzmodus

Werden im Rahmen von Lehrveranstaltungen Studierenden wöchentliche digitale Übungsaufgaben gestellt, so erfolgt dies üblicherweise im Prüfungsmodus. Dies bedeutet, dass diese innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters von den Studierenden bearbeitet werden sollen, ohne dass eine zwischenzeitliche Interaktion mit den Lehrenden vorgesehen ist. Für das Absenden der Lösung gibt es in der Regel nur einen Versuch und ein differenziertes Feedback wird für die Studierenden erst nach Ablauf der Abgabefrist freigeschaltet.

Die Erfahrung zeigt, dass die Studierenden die zur Verfügung gestellten detaillierten schriftlichen Rückmeldungen selten nutzen und sich mit der Information über die erreichten Punktzahlen zufrieden geben. Diese Beobachtung im Zusammenhang mit digitalen Aufgaben deckt sich mit dem Umgang der Studierenden mit auf Papier abgegebenen und korrigierten Hausaufgaben. Auch hier werden wertvolle lernförderliche Reflexionsschleifen ausgelassen. Insbesondere unter Berücksichtigung des positiven Einflusses eines differenzierten inhaltlichen Feedbacks für den Lernerfolg, wie in der Meta-Analyse von Hattie herausgestellt wurde [Ha09 und HT07], gilt es die Interaktivität der Studierenden mit dem Feedback zu ihren Lösungen zu steigern. Ein gutes Feedback nach [NM06] sollte konkrete Möglichkeiten aufweisen, wie noch bestehende Lücken in den Fähigkeiten von den Studierenden geschlossen werden können. Empfehlungen für die Ausgestaltung eines den Lernprozess unterstützenden Feedbacks unter verschiedenen Rahmenbedingungen und kontextabhängige negative Aspekte werden im Überblicksartikel von Shute [Sh08] zusammengestellt.

2.2 Auseinandersetzung mit Aufgaben in einer Präsenzübung

Arbeiten in einer Übungsstunde oder einem Tutorium Studierende an Präsenzaufgaben, so erhalten sie von der begleitenden Lehrperson auf dem Lösungsweg Unterstützung: In Form von minimaler Hilfe nach [Ae61] wird der Hierarchie der Hilfen nach [Ze78] folgend punktuell eingegriffen, um einen stetigen Fortschritt in der Beschäftigung mit dem zu lösenden Problem bei den Studierenden zu erwirken. Wird durch die Studierenden ein fehlerbehafteter Lösungsweg eingeschlagen, so wird dieser durch die Lehrperson optimalerweise nicht direkt durch präzise Korrektur aufgedeckt, sondern die Lehrperson begibt sich mit der lernenden Person auf den Weg durch die Aufgabe, um diese möglichst selbst den Fehler ausfindig machen und korrigieren zu lassen. Dabei ist das in der Didaktik als Scaffolding [WBR76] bezeichnete Vorgehen ein passendes Lehrprinzip. Dieses Vorgehen ist zum Einen mit dem von J. Hattie [Ha09] herausgearbeiteten Aspekt von Feedback als einer sich an eine Aktivität der Studierenden anschließenden Rückmeldung im Einklang, zum Anderen folgt es den Kriterien eines guten Feedbacks nach [NM06]. Diese Form der Unterstützung der

Studierenden stellt die Lehrenden vor besondere Herausforderungen. Aus diesem Grunde werden die Übungsgruppenleiterinnen und Übungsgruppenleiter an der Ruhr-Universität Bochum auf diese Aufgabe durch ein passgenaues Schulungsangebot vorbereitet [Be16].

Trotz Unterstützung und Lenkung durch die Lehrperson, bewältigen die Studierenden durch das Scaffolding-Prinzip die Herausforderungen einzelner Aufgaben eigenständig. Schwierige Passagen und Fehler werden während des Prozesses aktiv reflektiert und Wissenslücken geschlossen.

2.3 Ansatz adaptiver Selbstlernaufgaben

Mit der Konzeption adaptiver digitaler Selbstlernaufgaben wird die interaktive Auseinandersetzung der Studierenden mit einer Lehrperson in einer Lerngruppensituation auf das Bearbeiten digitaler Übungsaufgaben übertragen. Den obigen Prinzipien folgend, begeben sich Studierende nach der Abgabe einer fehlerhaft bearbeiteten Aufgabe kleinschrittig auf einem adaptiven Pfad von Zwischenschrittsaufgaben. Die Zwischenschritte greifen konkrete Kenntnisse und Fertigkeiten auf, die zur Lösung der ursprünglichen Aufgabe miteinander kombiniert werden müssen.

In Form des elementarisierenden Testens bei Eingangstests mit diagnostischer Fehleranalyse für Lerninhalte der Sekundarstufe II [BR15, Fe17, Sc18] wurden adaptive Diagnoseverfahren erprobt, um bei fehlerhafter Bearbeitung digitaler Aufgaben durch nachgelagerte Abfragen einzelner Fertigkeiten die zugrundeliegenden Fehler zu isolieren. Hierbei konnte unter Einsatz digitaler Aufgaben ohne STACK und einer aufwändigen Komposition digitaler Aufgaben die beachtliche Fehlerrückmeldungquote von rund 90% erreicht werden.

Mit der nachträglichen Abfrage von Zwischenschritten und dem Nutzen derselben Eingabefelder in STACK-Aufgaben wurden im Zuge der Online-Vorkurse optes Erfahrungen mit der Fehlerdiagnose in einzelnen STACK-Aufgaben gesammelt [We18]. Die Diagnose greift hierbei auf den ursprünglichen Rückmeldebaum der STACK-Aufgabe zurück.

2.4 Aufbau adaptiver Selbstlernaufgaben

Mit dem hier näher vorzustellenden Aufbau adaptiver Selbstlernaufgaben findet anhand unabhängiger Rückmeldebäume innerhalb einzelner STACK-Übungsaufgaben eine Fehleranalyse und eine dem Scaffolding-Prinzip folgende Präsentation von Zwischenschrittsaufgaben statt. Dieses Aufgabenformat bietet den folgenden Mehrwert gegenüber bereits existierenden Vorgehensweisen:

- Anders als bei Aufgaben im Prüfungsmodus findet durch die Studierenden eine aktive Auseinandersetzung mit Schwierigkeiten und Fehlern statt. Diese werden durch kleinschrittige Unterstützung eigenständig überwunden und zielen auf einen nachhaltigen Lernerfolg und eine Motivationssteigerung ab.
- Auch bei randomisierten STACK-Aufgaben beziehen sich Zwischenschritte auf die konkret zu Beginn gestellte Aufgabe. Den gesamten Lernpfad entlang bleibt ein Bezug zum Eingangsproblem sichtbar. Beim nochmaligen neuen Aufruf der Aufgabe kann diese in einer randomisierten Variante nochmals mit anderen Zahlenwerten und ggf. auch auf anderen Pfaden durchlaufen werden.
- Es sind keine Grenzen für die Ausgestaltung und Vielzahl der adaptiven Pfade durch die Aufgabe gegeben. Bei jeden Zwischenschritt kann anhand der individuellen Eingabe der nächste Schritt ausgewählt werden.
- Die einzelnen Pfade durch die Aufgabe sind im Quelltext der einzelnen STACK-Aufgabe eingebunden. Diese kann daher beliebig vervielfacht und aus einem Kurs in einen anderen exportiert werden.
- Analyse-Tools für STACK-Aufgaben liefern dem Lehrenden beim Einsatz dieses Aufgabenformats differenziertes Feedback zu den durch die Lernenden begangenen Pfaden durch die Aufgabe.

2.5 Technische Umsetzung

Moodle bietet zur Zeit nur beschränkte Möglichkeiten, die Aufgabenabfolge in Tests adaptiv zu gestalten. Der hier vorgestellte Lösungsansatz bringt eine Adaptivität innerhalb der STACK-Aufgaben selbst ein. Die von den Lernenden eingegebene Lösung wird durch in einem Rückmeldebaum abgelegte Tests auf bekannte Fehlerquellen und Eigenschaften der Lösung analysiert. In den einzelnen Feedbackfeldern des Rückmeldebaums werden Links zu den Startpunkten individueller Pfade durch die Aufgabe angeboten. Durch Einbindung einer extern abgelegten Javascript-Datei wird der jeweils nächste Zwischenschritt erst durch Anklicken sichtbar. Für die Lösungseingabe zu einem Zwischenschritt kann jeweils wieder ein Rückmeldebaum hinterlegt werden, der adaptiv den sich anschließenden Zwischenschritt vorgibt. Durch Wiederholungen, Einbau zusätzlicher Schritte kann das adaptive Vorgehen bei einer realen tutoriellen Unterstützung nachgestellt werden.

2.6 Beispiel

Mit der nachfolgenden elementaren Beispielaufgabe zur Matrixmultiplikation sollen die zentralen Prinzipien der Funktionsweise des Aufgabenformats veranschaulicht werden:

Gegeben seien die folgenden beiden Matrizen A und B mit

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -2 & 0 & 4 \\ -1 & 3 & -4 \\ -1 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

und

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 3 \\ -4 & -4 & 1 \\ 4 & -3 & -1 \end{bmatrix}$$

Berechnen Sie das Produkt $C = A \cdot B$ der beiden Matrizen:

$C = A \cdot B =$

Abb. 1: Eingangsaufgabe

Ist die Eingabe der Lösung nicht korrekt, so erhalten die Studierenden unter dem Feedback den Hinweis, dass sie über den “Weiter”-Button in die adaptive Abfrage der Zwischenschritte gelangen können.

Das ist leider die falsche Antwort.

Die rot unterstrichenen Einträge sind falsch.

$$\begin{bmatrix} \underline{1} & \underline{2} & \underline{0} \\ \underline{2} & \underline{-1} & \underline{-2} \\ \underline{0} & \underline{5} & \underline{3} \end{bmatrix}$$

Bitte beginnen Sie die Bearbeitung der Aufgabe in drei angeleiteten Zwischenschritten noch einmal.
Klicken Sie auf den Button, um den ersten Zwischenschritt anzuzeigen.

Abb. 2: Übergang zu Zwischenschritten

Danach öffnet sich direkt unter der eigentlichen Aufgabe der erste Zwischenschritt:

Zwischenschritt 1A: Mit welcher Rechenregel wird das Matrixprodukt berechnet?

☐ Zeile (von A) mal Spalte (von B)

☐ Komponentenweise Multiplikation

☐ Spalte (von A) mal Zeile (von B)

Abb. 3: Erster Zwischenschritt

Der gesamte Pfad, der über die Zwischenschritte durchlaufen wird, hat die folgende Struktur.

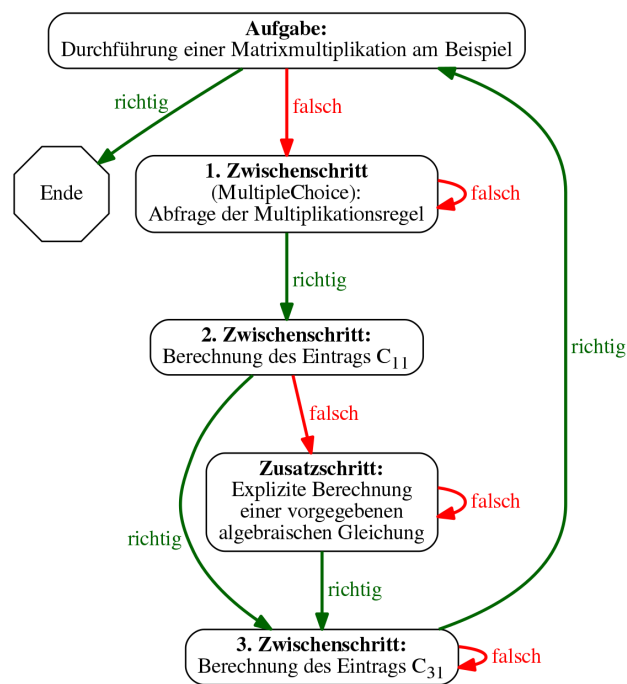


Abb. 4: Struktur der Aufgabe

Verzweigungen, an denen die Studierenden Entscheidungen treffen, welche Richtung sie weiter einschlagen wollen, sind ebenfalls möglich. Insgesamt kann das Feedback den Hierarchiestufen nach Zech folgend vielfältig mit dem Fokus auf Motivation, strategische oder inhaltliche Hilfe ausgestaltet werden.

Diese Beispielaufgabe kann im offenen Moodle-Kurs „STACK in der Lehre“ (<https://moodle.ruhr-uni-bochum.de/m/course/view.php?id=13674>) ausprobiert werden. Ebenda kann auch der Quellcode der Aufgabe eingesehen werden.

3 Ausblick

Adaptive Selbstlernaufgaben eröffnen die Möglichkeit für neue didaktische Einsatzszenarien digitaler Aufgaben. Neben digitalen Brückenkursen, und veranstaltungsübergreifenden Übungskursen ist ein ergänzender Einsatz zusätzlich zu regulären Hausaufgaben mit verzögertem Feedback in klassischen Lehrveranstaltungen möglich. Der Fokus adaptiver Selbstlernaufgaben liegt hierbei nicht darauf, bereits bewährte klassische Aufgabenformate zu ersetzen, sondern den Lernprozess der Studierenden bereichernd zu ergänzen.

Die Akzeptanz dieses Aufgabenformats durch die Studierenden ist zu untersuchen. Interessante Fragestellungen sind dabei, ob der erwünschte nachhaltige Lernerfolg sich tatsächlich einstellt und ob eine messbare Erhöhung der Motivation durch die direkte Interaktion und Führung bei diesem formativen Assessment erreicht werden kann.

Literatur

- [Ae61] Aepli, H. (1961): Grundformen des Lernens. Stuttgart.
- [Az05] Azevedo, R.; Cromley, J.G.; Winters, F.I.; Moos, D.C.; Greene, J.A. (2005): Adaptive human scaffolding facilitates adolescents' self-regulated learning with hypermedia. *Instructional Science*, 33, 381–412 <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-005-1273-8>
- [Be16] Bergstedt, F.; Glasmachers, E.; Härterich, J.; Wolff, A. (2016): Der Weg zur Lösung - "Minimale Hilfe" als Element der systematischen Methodenausbildung für Übungsgruppenleiter/innen. Erscheint in: Paravicini, W. Schnieder, J. (Hrsg.) Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2015.
- [Br15] Bruder, R.; Feldt-Caesar, N.; Pallack, A.; Pinkernell, G.; Wynands, A. (2015): Mathematisches Grundwissen und Grundkönnen in der Sekundarstufe II. In W. Blum et al. (Hrsg.), *Bildungsstandards aktuell: Mathematik in der Sekundarstufe II*. Braunschweig: Schrödel, S. 108-124.
- [Fe17] Feldt-Caesar, N. (2017): Konzeptualisierung und Diagnose von Mathematischem Grundwissen und Grundkönnen. Eine Theoretische Betrachtung und Exemplarische Konkretisierung am Ende Der Sekundarstufe II: Spektrum Akademischer Verlag GmbH.

- [GKP17] Glasmachers, E.; Kallweit, M.; Püttmann, A. (2017): Von der Datenbank zu Trainingsparcours - Digitale Aufgaben im Hochschuleinsatz. In U. Kortenkamp & A. Kuzle (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2017. Münster, WTM-Verlag. S. 1189-1192.
- [Ha09] Hattie, J. (2009): Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London: Routledge.
- [HT07] Hattie, J.; Timperley, H. (2007): The Power of Feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81–112.
- [Ka15] Kallweit, M. (2015): Mathematik-Kompetenzen überprüfen und fördern - Automatisiert Lehren und Lernen mit STACK. Tagungsband zum Workshop der ASIM/GI-Fachgruppen, Argesim Report AR 50.
- [NM06] Nicol, D.J.; Macfarlane-Dick, D.: Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. Studies in Higher Education, Vol. 31, No. 2, 2006, pp. 199–218.
- [Sc18] Schaub, M. (2018): Einsatz des Elementarisierenden Testens im Ein- und Ausgangstest des online-Vorkurses VEMINT. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2018. Vorträge zur Mathematikdidaktik und zur Schnittstelle Mathematik/Mathematikdidaktik auf der gemeinsamen Jahrestagung GDM und DMV 2018 (52. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik). 1. Erste Auflage. Münster: WTM-Verlag, S. 1567–1570.
- [Sh08] Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. Review of Educational Research, 78(1), 153-189.
- [WBR76] Wood, D.; Bruner, J.S.; Ross, G. (1976): The role of tutoring in problem solving. J. Child Psychology and Psychiatry, 17(2), 89–100.
- [We18] Weigel, M.; Hübl, R.; Podgayetskaya, T.; Derr, K.: Potential von STACK-Aufgaben im formativen eAssessment: Automatisiertes Feedback und Fehleranalyse, In Fachgruppe Didaktik der Mathematik der Universität Paderborn (Hrsg.) Beiträge zum Mathematikunterricht 2018 (S. 1935 - 1938). Münster: WTM-Verlag.
- [Ze78] Zech, F. (1978): Grundkurs Mathematikdidaktik. Theoretische und praktische Anleitungen für das Lehren und Lernen von Mathematik. Beltz, Weinheim.