

eKlausuren in der angewandten Mathematik – Herausforderungen und Lösungen

Manfred Daniel, Nadine Köcher, Roland Küstermann

Fakultät Wirtschaft, Studiengang Wirtschaftsinformatik
Projekt optes

Duale Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe
Erzbergerstr. 121, 76133 Karlsruhe
daniel@dhbw-karlsruhe.de, koecher@dhbw-karlsruhe.de
kuestermann@dhbw-karlsruhe.de

Abstract: Kaum einer Anwendungsdomäne im Kontext des tertiären Bildungsbereichs wird so viel Aufmerksamkeit gewidmet wie der Mathematik in naturwissenschaftlichen und mathematiknahen Studiengängen. Der Beitrag versteht sich als systematische Aufarbeitung der Vorbehalte und Hemmnisse, welche die Verbreitung der eKlausur im Bereich Mathematik weiterhin beeinträchtigen. Ausgehend vom Ansatz des Constructive Alignments stehen mathematisch-didaktische Problemfelder im Vordergrund. Dabei wird der Frage nachgegangen, inwieweit mathematische Learning Outcomes in elektronischer Form geübt und geprüft werden können. Bezogen auf die didaktischen Anforderungen im Bereich der Mathematik wird dabei deutlich, welche technischen Grenzen und Möglichkeiten elektronische Assessmentssysteme derzeit bieten. Der Beitrag bezieht sich auf ein laufendes Projekt und soll dazu anregen, gängige Befürchtungen abzubauen und summatives eAssessment auch für die Mathematik zu nutzen.

1 Einleitung

Kaum einer Anwendungsdomäne im Kontext des tertiären Bildungsbereichs wird derzeit so viel Aufmerksamkeit gewidmet wie der Mathematik in naturwissenschaftlichen und mathematiknahen Studiengängen. Besonders die studentischen Probleme mit der sogenannten Dienstleistung-Mathematik, werden laut Untersuchungen als Grund für hohe Studienabbrecherquoten genannt [HRS12]. Nicht verwunderlich also, dass diesem Gebiet in den aktuellen Förderprogrammen von Bund, Länder und Stiftungen ein hohes Augenmerk gewidmet wird. Konsequenterweise haben Hochschulen begonnen, mit vielfältigen Konzepten, die in der Regel Vorstudien- oder begleitenden Charakter haben, technologiegestützte Ansätze zu entwickeln. Leider zielen diese aber viel zu selten auf die sich anschließende Prüfung ab, sodass die Methoden und Werkzeuge des Übens und Erarbeitens von Lernzielen von denen der Lernzielüberprüfung abweichen. Insbesondere aus der Perspektive des Constructive Alignments stellt sich also die Frage, warum im Bereich Mathematik die eKlausur noch nicht verbreitet ist, während sie in vielen anderen Fächern bereits vermehrt zum Einsatz kommt (beispielsweise Medizin, Biologie, Rechtswissenschaften oder Fremdsprachen) [VS09]. Als Rahmenbedingung für diesen Beitrag werden geltende Prüfungsordnungen angenommen, welche die eKlausur als

Prüfungsleistung vorsehen. Diese Arbeit konzentriert sich auf die systematische Aufarbeitung von Herausforderungen und Hemmnissen, die bisher gegen eine Verbreitung der eKlausur im Bereich Mathematik standen. Neben rechtlichen, technischen und organisatorischen Fragenstellungen, die domänenunabhängig schon weitläufig diskutiert wurden [VS09], stehen hier die aufkommenden didaktischen Fragestellungen im Vordergrund.

Sowohl der hochschuldidaktische Diskurs, als auch der Bologna-Prozess fordern dazu auf, Lehren aus der Perspektive der Lernenden zu betrachten und Lernen zu unterstützen. Dies schließt das Prüfen mit ein, wobei die Learning Outcomes als Zielorientierung dienen. So soll die Lehre, das Lernen und das Prüfen reformiert werden [WW11]. Constructive Alignment ist einer der Ansätze, der die Lehre aus Sicht der Learning Outcomes konzipiert und ebenfalls die Lern- und Prüfungsfragen aus dieser Perspektive entwickelt. Da der Begriff „Learning Outcomes“ innerhalb dieses Konzepts eine zentrale Rolle einnimmt, wird zunächst bemerkt, dass es dafür keine im Detail einheitliche Definition gibt. Die Zusammenstellung von zehn ähnlichen Auslegungen des Begriffs in der Handreichung „*Writing and Using Learning Outcomes: a practical Guide*“ stellt dies anschaulich dar [KHR06]. Im Folgenden findet die Definition von Bingham Verwendung: *“Learning outcomes are an explicit description of what a learner should know, understand and be able to do as a result of learning.”* [Bi99]

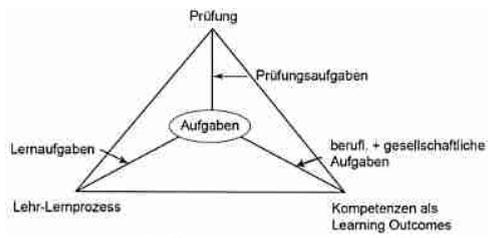


Abbildung 1: Constructive Alignment [Wi06]

Der Ansatz des Constructive Alignments bildet den Rahmen für die folgenden Ausführungen. Wie die obige Darstellung zeigt, ist sein Kern die **Aufgabenorientierung**. Dies soll auf elektronische Aufgaben übertragen werden: die Prüfungsform (summatives eAssessment) wird an Lernaufgaben (formatives eAssessment) angepasst, die wiederum auf konkrete Learning Outcomes fokussieren und abgestimmt wurden. Dadurch wird deutlich, dass aus didaktischer Sicht ePrüfungen nur mit vorherigen formativen elektronischen Übungseinheiten und Probeklausuren einzusetzen sind. Die Art des Fragens wird beim eAssessment weitestgehend durch die Technik vorgegeben. Trotzdem bietet sein Einsatz den Vorteil der schnelleren Korrektur, der automatisierten statistischen Auswertung der Ergebnisse sowie einer Qualitätssicherung der Aufgaben. Als formatives Übungsangebot kann es bereits die Lernwirksamkeit erhöhen [He94].

2 Problemstellung und Vorgehensweise

Das Konzept Constructive Alignment soll auf elektronische Aufgabenstellungen für das Fach Mathematik übertragen werden. Dabei steht folgende Frage im Mittelpunkt: Auf

welche Weise können mathematische Learning Outcomes in elektronischer Form geübt und geprüft werden?

Im Folgenden werden die wichtigsten mathematisch-didaktischen Fragestellungen genannt, sie resultieren aus der konkreten Zusammenarbeit mit Dozenten und Studierenden in der Dualen Hochschulausbildung sowie den ersten Evaluationsergebnissen. Die Fragestellungen implizieren eine didaktische Sichtweise auf eKlausuren im Fach Mathematik und beleuchten die Beziehung von elektronischen Assessmentformen und Learning Outcomes:

1. Mathematische Learning Outcomes: Sind mathematische Learning Outcomes im Fach Mathematik elektronisch auf vergleichbare Weise abprüfbar? Wie kann das Erreichen unterschiedlicher Niveaustufen geprüft werden?
2. Differenziertes Bewerten: Wie kann eine differenzierte Bewertung stattfinden, bei der auch teilrichtige Lösungen bzw. Lösungswege berücksichtigt werden?
3. Mathematische Verfahren anwenden: Wie kann die Anwendung eines bestimmten Lösungsverfahrens nachgewiesen werden?
4. Realweltbezug: Wie kann die mathematische Technik auf die Praxis übertragen und in einen Zusammenhang gebracht werden?
5. Semantisches Prüfen: Wie können Lösungen unabhängig von syntaktischen Varianten nach ihrem semantischen Gehalt bewertet werden? Wie können Ergebnisse aus einem größeren Lösungsraum als korrekt erkannt werden?

Die aufgezählten Fragestellungen stellen didaktische Problemfelder dar, welche die Durchführung elektronischer Mathematikklausuren im Hochschulbereich behindern. Durch eine systematische Überprüfung der Problemfelder sollen Akzeptanzprobleme eingeordnet und so didaktisch innovative Lösungen bereitgestellt werden.

Das Projekt optes (Optimierung der Selbststudiumsphase) – ein durch das BMBF gefördertes Verbundprojekt – untersucht in einem Teilprojekt am konkreten Fall, inwieweit die zu erreichenden Learning Outcomes im Fach Mathematik in elektronischer Form abgeprüft werden können, und was von diesen Erkenntnissen verallgemeinerbar ist. Als Ausgangspunkt dienen die von Lehrenden formulierten Learning Outcomes. Im Allgemeinen werden mathematische Aufgaben als ganzheitliche Fragestellung formuliert, welche mehrere Learning Outcomes adressieren. Nach dem hier aufgeführten Ansatz werden die einzelnen Learning Outcomes auf elektronische Fragentypen übertragen. Dabei ist eine Zerteilung der ursprünglichen Aufgabe in den meisten Fällen notwendig. Die engeren Aufgabenstellungen werden gezielt auf die geforderten kognitiven Niveaustufen abgestimmt.

3 Verwandte Arbeiten und Lösungsansätze

Elektronische Assessmentangebote im Hochschulbereich dienen vor allem der Selektion, Einstufung oder Motivation von Studierenden. Dabei dient formatives Assessment den Studierenden als Feedback während des Lernprozesses. Es stößt bei Studierenden auf hohe Akzeptanz [z.B. He09]. Eine aktuelle Studie besagt zudem, dass Selbsttests einer

der effektivsten und nachhaltigsten Methoden des Lernens darstellen [DRM13]. Summatives Assessment bildet den Schwerpunkt dieser Ausarbeitung und wird primär zur Benotung von Studierenden eingesetzt. Zum Abschluss einer Lerneinheit wird geprüft, wie gut Studierende gelernt haben, was sie lernen sollten [BT07].

Biggs betrachtet objective formats of assessment im Rahmen von Constructive Alignment als kritisch. Darunter wird im Englischen ähnliches beschrieben, was unter dem Begriff Antwort-Wahl-Verfahren fällt, allerdings sind auch kurze numerische Eingabefelder und Textlücken mit eingeschlossen [BT07; Cr07]. Laut Biggs finden sie zwar am häufigsten Anwendung, sind jedoch zugleich eher ungeeignet, um Studierende zum nachhaltigen Lernen zu motivieren [BT07]. Diese Aufgabenformate bilden jedoch den Kern des eAssessments. Hinzu kommt der Investitionsaufwand, gute Fragen zu entwerfen. Dies betrifft das Formulieren von verständlichen, praxisrelevanten Fragen und die Auswahl guter Distraktoren [GL90; Mc01]. Folgende Tabelle stellt die Vor- und Nachteile der elektronischen Frageformate am Beispiel der Lernplattform ILIAS dar:

objective formats of assessment				
Aufgaben-typ	Antwort-Wahl-Verfahren	Offene kurze Eingabe	Offene Eingabe	Formelfrage
	- Single / Multiple Choice - Zu- und Anordnung - Image Maps - Lückentext (Dropdown)	- Lückentext (numerisch): Dezimalzahlen +/-Toleranz - Lückentext (Text)	- Eingabe eines Freitexts - Datei-Upload	- Teilnehmer-sicht: Eingabe von Brüchen
Vor-teile	- Darstellung mathematischer Formeln in Aufgabenstellung und Musterlösung			
	- Automatisierte Auswertung	- Eigenständige Lösung, ohne Lösungsweg	- Eigenständige Lösung mit Erklärungen	- automatisch generierte Zahlenwerte
Nach-teile	- Durch Eliminieren der Distraktoren, kann richtige Antwort vermutet werden - nur vordefinierten Fehler werden abgedeckt	- Mathematische Ausdrücke können von Teilnehmern schwer oder nur über Umweg (z.B. Foto-Upload) eingegeben werden		- Keine Variablen in Antworten
		- Keine Eingabe und automatisierte Auswertung von Formeln, Termen, Brüchen. Keine Äquivalenz-Überprüfung		

Abbildung 2: Bestehende Fragetypen sowie ihre Vor- und Nachteile am Beispiel der Lernplattform ILIAS

Im Folgenden werden erste Lösungsansätze dargestellt:

1. **Mathematische Learning Outcomes:** Nach dem Ansatz des Constructive Alignments bestimmen die Lehrenden Learning Outcomes und entscheiden zudem, welcher Verständnisgrad erreicht sollte. Formative und summative Aufgaben werden darauf abgestimmt [BT07; AKTZ04]. Hierbei helfen Taxonomien, welche beinhalten, was Studierenden wissen, verstehen und anwenden sollen, unterteilt in unterschiedliche kognitive Prozessdimensionen.
2. **Differenziertes Bewerten:** Elektronische Assessmentssysteme erwarten und bewerten Endergebnisse, die syntaktischen Anforderungen genügen müssen. Ein Verrechnen führt leicht zu einer falschen Eingabe und damit zu einem Ergebnis von 0 Punkten. Zudem sind häufig mehrere Lösungen richtig und ihre Darstellung vielfältig [Sa13; Sch04]. Im Rahmen des Projekts wurde deshalb das „Konzeptpapier“ eingeführt. Auf diesem wird wie gewohnt der Rechenweg notiert. Bei falscher Antwort im Prüfungssystem wird das Konzeptpapier in die Punktevergabe miteinbezogen und Teilpunkte manuell vergeben.
3. **Mathematische Verfahren anwenden:** Heutige Prüfungsplattformen können nicht erkennen, ob die Prüflinge das richtige mathematische Verfahren oder

- eine bestimmte Technik angewandt haben. Dafür werden Aufgaben benötigt, welche die Anwendung eines konkreten Verfahrens nachweisen können.
4. **Realweltbezug:** Sangwin benennt im Prozess des Mathematiklernens zwei unterschiedliche Ebenen, welche voneinander zu unterscheiden seien: Das Verstehen mathematischer Konzepte und das Anwenden von mathematischen Techniken [Sa13]. Um letzteres zu prüfen, eignen sich praxisbezogene Aufgaben, welche die Überführung des realweltlichen Problems ermöglichen.
 5. **Semantisches Prüfen:** Bei Abfragen von Formeln als Ergebnis oder Äquivalenzprüfungen muss die Eingabe auf „Bedeutung“ überprüft werden, wofür ein Computeralgebrasystem (CAS) eingesetzt werden sollte [Sch09].

4 Erste Erfahrungen und weitere Schritte

Einige der in Abbildung 2 aufgeführten Frageformate kamen in der Pilotanwendung zum Einsatz. Die notwendigen Learning Outcomes konnten in den beiden ersten Klausuren noch nicht zur vollsten Zufriedenheit der Dozenten umgesetzt werden. Um jedoch einen systematischen Vergleich von Papierklausuren und ihrer elektronischen Entsprechung durchzuführen, ist eine genaue Zuordnung von Aufgabe und Learning Outcomes notwendig. Nur so können konkrete Aussagen darüber getroffen werden, ob die Prüfung der mathematischen Learning Outcomes elektronisch gelungen ist.

Im Rahmen des Projekts werden die Learning Outcomes identifiziert, abgestimmt und die bereits abgeschlossene Evaluation ausgewertet. Auf dieser Grundlage werden die bestehenden Übungs- und Prüfungsfragen erneut überprüft und bei Bedarf modifiziert. Anknüpfend werden für die identifizierten Learning Outcomes, welche elektronisch nur unzureichend abzurufen waren, Lösungen entwickelt.

5 Ausblick

Die Anbindung eines CAS an die Prüfungsplattform, verspricht vielfältigere Fragestellungen und das Abprüfen eines breiteren Spektrums von Learning Outcomes. Die Bedienung ist technisch (und mathematisch) sehr viel komplexer, als die Nutzung der bestehenden Fragetypen. Die Erfahrung wird zeigen, wie sich die Nutzung bei elektronischen Prüfungen im Fach Mathematik durchsetzen wird. Einige der angesprochenen Problemfelder – insbesondere das unter „*Differenziertes Bewerten*“ genannte – werden jedoch durch semantische Ergebnisüberprüfung noch nicht gänzlich behoben sein und bedürfen weiterer didaktischer und technischer Entwicklungen.

Ziel des Projekts optes ist es u.a. aufzuzeigen, in welchem Maße sich Learning Outcomes in eKlausuren abprüfen lassen. Nach Abschluss der Pilotphase werden aussagekräftige Informationen aus der Evaluation und den Erfahrungen der Durchführung zur Verfügung gestellt werden, welche die Umsetzung des zuvor beschriebenen Lösungsansatzes aufzeigen. Deshalb wird an dieser Stelle auf zukünftige Veröffentlichungen verwiesen.

Literaturverzeichnis

- [AKTZ04] Arnold, P.; Kilian, L.; Thilloßen, A.; Zimmer, G. (Hrsg.): E-Learning Handbuch für Hochschule und Bildungszentren. BW Bildung und Wissen Verlag, Nürnberg, 2004.
- [Bi99] Bingham, J.: Guide to Developing Learning Outcomes. The Learning and Teaching Institute Sheffield Hallam University, Sheffield, 1999.
- [BT07] Biggs, J.; Tang, C.: Teaching for Quality Learning at University (3. Auflage). Open University Press, New York, 2007.
- [Cr07] Crisp, G.: The e-Assessment Handbook. Continuum International Publishing Group, New York, 2007.
- [DRM13] Dunlosky, J.; Rawson, K.A.; Marsh, e.J.; Nathan, M.J.; Willingham, D.T.: Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. In: Psychological Science in the Public Interest. Sage Publication, 2013.
- [GL90] Gronlund, N.E.; Linn, R. L.: Measurement and Evaluation in Teaching (6. Auflage). Macmillan Publishing Company, New York, 1990.
- [He94] Heynie, W.J. III: Effects of Multiple-Choice and Short-Answer Tests on Delayed Retention Learning. In (Sanders, M. Hrsg.): Journal of Technology Education, Volume 6, Number 1, 1994.
- [He09] Heidenreich, S.: Pädagogische Anforderungen an das Lernhandeln im E-Learning. Dimensionen von Selbstlernkompetenz, Medienpädagogik und Mediendidaktik, Band 16, Dr. Kovac, Hamburg, 2009.
- [HRS12] Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D.: Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen - Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010. HIS, Hochschul-Informations-System GmbH, Hannover, 2012.
- [KHR06] Kennedy, D.; Hyland, A.; Ryan, N.: Writing and Using Learning Outcomes: a practical Guide. In: Bologna Handbook, Implementing Bologna in your Institution. Dr. Josef Raabe Verlag, Berlin, 2006; C3.4-1, 1 – 30.
- [Mc01] McMillan, J. H.: Classroom assessment: Principles and practice for effective instruction. Allyn and Bacon, Boston, 2001.
- [Sa13] Sangwin, Chris: Computer Aided Assessment of Mathematics. Oxford University Press, Oxford, 2013.
- [Sch04] Schramm, T.: CATS: Ein Computer Algebra Training System: Mathematisches Assessment mit MapleTA™. In: Global Journal of Engineering Education (GJEE), Vol.8, No.3; S. 327-330.
- [Sch09] Schramm, T.: eAssessments und eKlausuren im Studiengang Geomatik der HafenCity Universität. In: Hamburger eLMAGAZIN (Ausgabe 2), Hamburg, 2009; S. 27-29.
- [VS09] Vogt, M.; Schneider, S.: E-Klausuren an Hochschulen. Koordinationsstelle Multimedia, JLU Gießen. Gießen, 2009.
- [Wi06] Wildt, J.: Ein hochschuldidaktischer Blick auf Lehren und Lernen. Eine kurze Einführung in die Hochschuldidaktik. In (Berendt, B. ; Voss, H.P.; Wildt, J., Hrsg.): Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten (A 1.1), Raabe, Stuttgart, 2006.
- [WW11] Wildt, J., Wildt, B.: Lernprozessorientiertes Prüfen im „Constructive Alignment“. In (Behrendt, B.; Voss, H.P.; Wildt, J., Hrsg.): Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten (H 6.1), Raabe, Berlin, 2011.

Förderhinweis: Dieses Vorhaben wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01PL12012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.