

STACK trifft H5P – adaptives, audiovisuelles Feedback in STACK-Aufgaben basierend auf H5P

Mike Altieri¹, Matthias Staupe¹, Dirk Paluch¹, Evelyn Schirmer¹

Abstract: Verschiedene Gruppen arbeiten an Erweiterungen klassischer STACK-Aufgaben. Noch nicht ausreichend berücksichtigt wurde die Integration von audiovisuellem Feedback, das zu den lernförderlichsten Faktoren zählt. Es wird gezeigt, wie sich diese Form des Feedbacks durch interaktive, fachbezogene H5P-Videos in STACK realisieren und in einen Lehrveranstaltungsbetrieb zur Ingenieurmathematik einbetten lässt. Theoretische Grundlage ist dabei das Feedbackmodell von Hattie, das Rückmeldungen auf der Aufgabenebene, der Prozessebene und der Selbstregulationsebene vorsieht. Neben der Vorstellung des rahmengebenden digital gestützten Fachkonzepts „Deep Learning & Smart Training“ und einer Diskussion der technischen Anforderungen erfolgt ein Ausblick auf weitere Entwicklungen.

Keywords: STACK, H5P, digitales Fachkonzept, Feedback, Video, Adaptivität

1 Einleitung

Mit dem Einzug moderner Technologien der Digitalisierung in die Hochschullehre ergeben sich völlig neue Möglichkeiten zur Gestaltung digitaler Fachkonzepte². Durch STACK³ können randomisierte, strukturgleiche Aufgaben konstruiert werden, mit denen Lernende beliebig häufig online üben können [Sa13]. Dabei lassen sich didaktisch anspruchsvolle Aufgaben entwickeln, die von der Einbindung dynamischer Geometriesoftware [vgl. Vasko in diesem Band] über adaptives Feedback [vgl. Weigel in diesem Band] bis hin zur adaptiven Aufgabensteuerung [Br17] reichen. Noch nicht ausreichend berücksichtigt wurde dabei die Möglichkeit, basierend auf H5P adaptiv interaktives, audiovisuelles Feedback in STACK-Aufgaben zu integrieren. Im vorliegenden Beitrag werden Wege aufgezeigt, diese Lücke zu schließen. Dazu werden in Abschnitt 2 zunächst der theoretische Hintergrund und das verwendete Feedbackmodell vorgestellt. In Abschnitt 3 wird das digitale Fachkonzept beschrieben, in das das Feedbackmodell eingebettet ist. Abschnitt 4 geht exemplarisch auf die technische Umsetzung ein, während in Abschnitt 5 ein Ausblick auf aktuelle und zukünftige STACK-Projekte an der Hochschule Ruhr West erfolgt und einige Wünsche an die weitere Entwicklung von STACK formuliert werden.

¹ Hochschule Ruhr West, Arbeitsgruppe Digitale Pädagogik

² disziplin- und fachbezogenes digitales Lehr-/Lernkonzept, siehe z.B. <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-2082.html>

³ System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel

2 Theoretischer Hintergrund

Feedback zählt mit einer durchschnittlichen Effektstärke von $d=.79$ zu den lernförderlichsten Faktoren [Ha07, Ha11]. Winne und Butler beschreiben Feedback als „information with which a learner can confirm, add to, overwrite, tune, or restructure information in memory, ...” [Wi94, S. 5740]. Eine spezielle Form des Feedbacks stellt adaptives Feedback dar: “That is, instead of giving a feedback such as ‘wrong’ for different incorrect answers and ‘correct’ for different correct answers, adaptive feedback would not only verify the correctness of an answer, but also should provide different information for different answers” [Le16]. Eine Unterkategorie des adaptiven Feedbacks wiederum ist das diagnostische Feedback: “Diagnostic feedback attempts to identify the source of misconceptions by comparison with common errors ... If detected, diagnostic feedback typically highlights the error and attempts to prescribe a solution” [FI93, S. 220]. Im vorliegenden Beitrag wird die Integration von adaptivem und diagnostischem Feedback in STACK-Aufgaben beschrieben. Dabei weist das so realisierte Computerfeedback einige Vorteile gegenüber einem Face-to-Face-Feedback auf: Das Computerfeedback erfolgt schnell, zeitlich unabhängig, ist für das Selbstwertgefühl der Lernenden potenziell weniger bedrohlich und kann in einer stärker programmierten Art und Weise erfolgen [BI02]. Die größte Wirkung wird erzielt, wenn Ziele spezifisch und anspruchsvoll sind, die Komplexität der Aufgabe aber gering ist [Ha07, Ha13]. Die genannten Voraussetzungen für eine optimale Wirksamkeit von Feedback treffen auf die für den Veranstaltungsbetrieb der Ingenieurmathematik entwickelten STACK-Aufgaben zu, so dass die Integration eines didaktisch fundierten Feedbackkonzepts hier folgelogisch ist. Dieses lehnt sich an das Feedbackmodell von Hattie und Gan an, in dem Rückmeldungen an die Lernenden auf der Aufgabenebene (task level), der Prozessebene (process level) und der Selbstregulationsebene (self-regulation level) vorgesehen sind [Ha07, Ha11].

Im vorliegenden Fall wird das Feedback durch den Computer gesteuert und durch ein interaktives Video mit Tutoren realisiert, da audiovisuelle Feedbacks in dieser Form besonders lernwirksam und reinen Audio- oder Textrückmeldungen sowie Screencasts ohne Menschen im Bild überlegen sind [CI16, S. 193]. Das Beispiel in Abb. 1 zeigt, wie bei einer Aufgabe zur Produktregel Fehlermuster antizipiert und die Aufgabe mit einem individuellen, interaktiven, audiovisuellen Feedback auf den drei Ebenen (task, process, self regulatory) versehen wird. Auch für Studierende, die die Aufgabe korrekt lösen, ist ein Mehrebenenfeedback möglich: Dieses kann auf dem task und process level zur Sicherung der Strukturen dienen (Ableitungsbegriff, Produktregel) oder Angebote zum aufbauenden Lernen schaffen. Im Beispiel wird dazu die Produktregel anschaulich hergeleitet, was einen eher unüblichen Zugang darstellt, der allerdings einen Darstellungswechsel im didaktischen Kontext des Funktionenbegriffs beinhaltet.

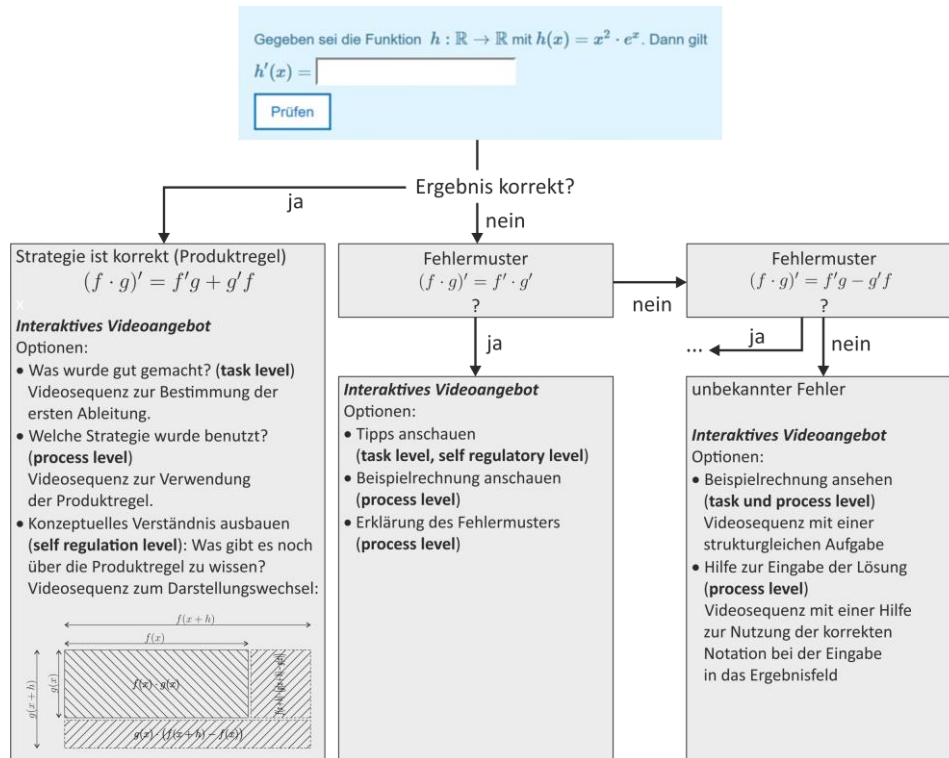


Abb. 1: Szenario für ein adaptives, audiovisuelles Feedback in einer Aufgabe zur Produktregel

3 Integration des adaptiven, audiovisuellen Feedbacks in das digitale Fachkonzept „Deep Learning & Smart Training“

Der NMC Horizon Report 2017 konstatiert für die Hochschullehre einen mittel- bis langfristigen Trend zur Etablierung von Lehrmethoden, die ein tiefes Lernen ermöglichen [Ne17]. Eine solche Methode, die den Anforderungen der Arbeitswelt des 21. Jahrhunderts in besonderem Maße gerecht wird, ist problembasiertes Lernen [ebd.]. Aus diesem Grund und wegen der Relevanz in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen wurde problembasiertes Lernen (PBL) in die Module Ingenieurmathematik I und II für die Studiengänge Bauingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen-Bau integriert. Die Realisierung von PBL erfolgt in Anlehnung an die Siebensprungmethode [We05]. Neben der damit verbundenen fortgesetzten Förderung von Problemlöse- und Modellierungskompetenz aus der Sekundarstufe [vgl. K2 und K3 in Ku12] wurde ein zweiter Schwerpunkt auf eine fortgesetzte Förderung im Umgang mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik [vgl. K5 in Ku12] und hier

insbesondere auf eine Unterstützung der Kalkülkompetenz [Dr14] gelegt. Die Förderung von Kalkülkompetenz erfolgt durch STACK-Aufgaben, die neben dem routinebasierten Anwenden von Kalkülen auch Merkmale produktiver Übungsaufgaben [Fr12] aufweisen. Durch Randomisierung und eine automatische Ergebnisauswertung können Studierende mit strukturgleichen Aufgaben in einem Moodle-Trainingsparcours beliebig oft üben („Smart Training“), bevor sie im Moodle-Livesystem das wöchentliche eÜbungsblatt bearbeiten. Das eÜbungsblatt enthält ähnliche Aufgaben wie der Trainingsparcours und kann insgesamt dreimal eingereicht werden. Nach jeder Einreichung erfahren die Studierenden, welche Aufgaben noch nicht korrekt sind und erhalten ein adaptives Feedback. Schließlich sind für eine Klausurzulassung 50 % der insgesamt zu erreichenden Punkte zu erzielen. In der Klausur werden abschließend möglichst unabhängig voneinander Problemlösekompetenz und Kalkülkompetenz abgeprüft.

Ein Nachteil des digitalen Übungsbetriebs mit automatischer Korrektur von Übungsaufgaben besteht zunächst darin, dass Lehrende nur schwer kontrollieren können, wie Studierende die Aufgaben lösen und ihre Rechenschritte notieren. Aus diesem Grund sind in den Übungsbetrieb sogenannte pencil-Aufgaben (pAufgaben) integriert: Parallel zum eÜbungsblatt erscheint wöchentlich ein pÜbungsblatt, das zur Einreichung der Rechnungen eines Teils der Aufgaben des eÜbungsblatts auffordert. Hier reichen die Studierenden ihre vollständige Aufgabenbearbeitung per Upload in Moodle ein. Während die mathematische Korrektheit durch STACK überprüft wird, kontrollieren Tutorinnen und Tutoren die Rechenschritte auf korrekte Schreibweise und Notation und geben hierzu ein Feedback. Die Korrektur der pÜbungen erfolgt digital auf Tablets, so dass die Bearbeitungen mit Tutorienfeedback anschließend den Studierenden wieder per Upload in Moodle bereitgestellt und von diesen online eingesehen werden können. Auch die in den pÜbungen erreichten Punkte sind relevant für die Klausurzulassung.

Durch das Delegieren der Übungsaufgaben an STACK und Moodle werden die Präsenzübungen weitestgehend vom Vorrechnen der Übungsaufgaben befreit. Dadurch steht hier Zeit für Projektarbeit zur Verfügung, die ein tiefes Lernen („Deep Learning“) ermöglicht. Es konnte gezeigt werden, dass in dieser Lernumgebung die Konzeptentwicklung der Studierenden unabhängig vom Bildungshintergrund erfolgt [Al19a]. Die Projektarbeit wird regelmäßig abgelöst von Projektpausen, in denen keine Projektarbeit stattfindet. Stattdessen wird die in Moodle integrierte Testauswertung der eÜbungsblätter präsentiert. Hierbei wird von Moodle automatisch für jede Aufgabe ein Leichtigkeitsindex berechnet, der anzeigt, welche Aufgaben den Studierenden trotz unbegrenzter Übungsmöglichkeiten mit strukturgleichen, randomisierten Aufgaben, noch schwergefallen sind. Je eÜbungsblatt sind dies zwischen 10 % und 20 % der Aufgaben. Diese Aufgaben werden dezidiert während der Projektpausen besprochen. Projektpausen unterstützen dadurch die Wahrnehmung, dass die anspruchsvolle Projektarbeit nicht übermächtig ist und zu Lasten von Erklären und Vorrechnen geht. Die Verbindung von PBL, Projektpausen und einer Besprechung der schweren Aufgaben auf den eÜbungsblättern gemäß Aufgabenstatistik sowie eine Transparenz bei der Klausurgestaltung führen zu einer hohen Akzeptanz des digitalen Fachkonzepts „Deep

Learning and Smart Training“ (Abb. 2), die jedes Semester durch eine TAP⁴-Evaluierung erfasst und dokumentiert wird.

Hinter der Einführung von PBL in die Studieneingangsphase steht ein dreijähriger Entwicklungsprozess, der noch nicht abgeschlossen ist. Wichtige Erfahrungen waren, dass die Projekte ggf. in abgeschlossene Teilprojekte unterteilt sein müssen, die während einer Präsenzübung bearbeitet werden können. Dies ist wesentlich, da Gruppenkonstellationen sich ändern und verantwortliche Personen eine Woche später verhindert sein oder an einer anderen Übung teilnehmen könnten. Eine andere Beobachtung zeigt, dass rechenschwache Studierende durchaus eine hohe Modellierungs- und Problemlösekompetenz haben können. Damit diese Studierenden bei der Projektbearbeitung nicht an den ggf. benötigten Kalkülen scheitern, sind in Anlehnung an das Flipped Classroom Mastery-Modell [Be12] jedem Projekt zwei bis drei Vorbereitungsaufgaben in STACK vorgeschaltet, die die benötigten Kalküle einüben. Für die erfolgreiche Bearbeitung dieser Aufgaben können Bonuspunkte für die Klausur gesammelt werden, was zu einer hohen Bearbeitungs- bzw. Vorbereitungsquote beiträgt.

Der Veranstaltungsbetrieb wird flankiert von Tutorien, in denen die ersten 20 Minuten für die Aufarbeitung von Grundlagenmathematik aus der Sekundarstufe verwendet werden, während die Gestaltung der verbleibenden Zeit in enger Abstimmung mit den Inhalten der Vorlesung erfolgt. Die Tutorien sind methodisch verschränkt mit den Tutorien der parallelen Mechanik-Vorlesung, in denen ebenfalls die ersten 20 Minuten für Grundlagenmathematik aufgewendet werden. Die freiwilligen Mathematiktutorien finden vierzehntägig statt, um diesen kein zu großes Gewicht einzuräumen. Ein weiteres Angebot besteht in der Möglichkeit, ein sogenanntes PBL-Zertifikat zu erreichen. Studierende, die alle Projekte mit ihren Teams bei den PBL-Tutoren erfolgreich zur Korrektur eingereicht haben und eine mündliche PBL-Abfrage beim Lehrenden bestehen, erhalten das Zertifikat. Dieses besondere Angebot wird von etwa 30 % der Studierenden genutzt. Es adressiert bewusst motivierte und lernstarke Studierende, wobei die Teilnahme an der PBL-Abfrage allen Studierenden offensteht.

Durch die Verwendung von STACK-Aufgaben sowohl auf den wöchentlichen eÜbungsblättern als auch für die kalkülbasierten Vorbereitungsaufgaben auf die Projekte steht während des gesamten Veranstaltungsbetriebs kontinuierlich ein reichhaltiger Fundus an Aufgaben zur Verfügung, in die fortwährend adaptive, audiovisuelle Feedbacks integriert werden. Dies wird durch entsprechende Projekte gefördert und durch eine 50 % bis 100 %-Stelle eines wissenschaftlichen Mitarbeiters umgesetzt. Für die Realisierung des Veranstaltungskonzepts inklusive Korrektur von pAufgaben und Projekten wird pro Übungsgruppe ein Tutor oder eine Tutorin im Umfang von 8 Stunden pro Woche beschäftigt, der/die als PBL-Tutor/in im Tandem mit dem Lehrenden die wöchentlichen Präsenzübungen betreut. Bei der Bewältigung des Verwaltungsaufwands unterstützt eine wissenschaftliche Assistenz. Weitere Voraussetzung sind softwareseitig H5P, STACK und Moodle sowie hardwareseitig Tablets für die digitale Aufgabenkorrektur.

⁴ Teaching Analysis Poll

fachbezogene, adaptive, interaktive Erklärvideos basierend auf H5P									
pÜbungen (wöchentliches Übungsblatt - manuelle Online-Kontrolle der Notation mit individuellem Feedback)									
eÜbungen (wöchentliches STACK-Übungsblatt - automatische digitale Korrektur mit adaptivem Feedback)									
Smart Training ↑		VORLESUNG zur Ingenieurmathematik I (4 SWS)							
1. Grundlagen									
2. Komplexe Zahlen, Polynome									
3. Vektorrechnung									
4. Matrizenrechnung, Eigenwerte									
5. Lineare Gleichungssysteme, Eigenvektoren, Inverse									
6. Analytische Geometrie									
7. Funktionen									
8. Grenzwerte und Stetigkeit									
9. Differenzialrechnung									
10. Kurvendiskussion									
Deep Learning ↓									
Projekt 1	Projekt 2	Projekt- pause	Projekt 3	Projekt 4	Projekt- pause	Projekt 5:	Projekt 6:	Projekt 7:	Projekt
Fertigbau- teile	Treppen- bau		Versorgungs- leitung	Forschungs- projekt		Populations- entwicklung	Käuferstrom- analyse	Leuchtkugel- konstruktion	pause
PRÄSENZÜBUNGEN (2 SWS) mit Schwerpunkt problembasiertes Lernen (PBL)									
Vorbereitungsaufgaben auf das aktuelle Projekt (STACK-Aufgaben mit automatischer digitaler Korrektur)									
Virtuelle Realität zum Nacherleben und Nachbereiten der Projekte basierend auf Unreal Engine 4 und H5P									

Abb. 2: Digitales Fachkonzept „Deep Learning & Smart Training“ in der Ingenieurmathematik I

4 Technische Umsetzung des Feedbacks mit STACK und H5P

H5P ist eine freie Software, die als Plugin in Moodle integriert werden kann und das Erstellen von interaktiven Inhalten ermöglicht. Insbesondere Videos lassen sich durch interaktive Elemente wie Quizfragen oder Schaltflächen zur Nutzersteuerung anreichern. Durch den Einsatz von digitalen STACK-Aufgaben können mit Hilfe des durch STACK genutzten Computer Algebra Systems Fehlermuster in den Eingaben der Lernenden erkannt und auf diese z.B. durch ein interaktives H5P-Video reagiert werden. So werden STACK und H5P kombiniert und liefern eine Möglichkeit, Lernenden audiovisuelles, diagnostisches Feedback anzubieten. Dabei wird auf die Option des spezifischen Feedbacks innerhalb von STACK zurückgegriffen. Diese erlaubt es, Fehlermuster als Bedingung für die Folgeaktion innerhalb eines Rückmeldebaums der STACK-Aufgabe zu implementieren. Inhalte, die mit H5P erstellt worden sind, werden durch einen Inlineframe in eine HTML Umgebung innerhalb des STACK Rückmeldebaums integriert. Im Falle der Ableitung von Produkten zweier Funktionen (Abb. 1) tritt häufig ein Fehlermuster auf, das sich als Folge einer unzulässigen Anwendung bzw. Übergeneralisierung linearer Modelle beschreiben lässt. Dabei wird die Ableitung einer Funktion, die das Produkt zweier Funktionen ist, fehlerhaft gebildet, indem die Faktoren einzeln abgeleitet und diese Ableitungen im Anschluss multipliziert werden. Als diagnostisches Feedback auf dieses Fehlermuster wird ein konfliktinduzierendes H5P-Video angeboten. Im Video werden Lernende zu Interaktionen aufgefordert, die eine Auseinandersetzung mit dem Fehlermuster unterstützen und bestenfalls zu einer nachhaltigen Überwindung des Fehlermusters verhelfen.

5 Ausblick und Diskussion

STACK-Aufgaben werden weltweit und auch an vielen Hochschulen in Deutschland entwickelt und eingesetzt. Dabei bestand die erste Aufgabengeneration wesentlich in der Realisierung routinebasierter Aufgaben. Inzwischen wird vielerorts an nachfolgenden Generationen gearbeitet. An der Hochschule Ruhr West geschieht dies aktuell in vier geförderten Projekten: Im Projekt „STACK mal 3“ werden (1) STACK-Aufgaben für die Mechanik entwickelt, (2) STACK-Aufgaben für Mathematikvorlesungen mit dynamischer Geometriesoftware verknüpft und (3) ein Trainingstool zur Umrechnung physikalischer Einheiten realisiert. Die im Beitrag vorgestellte Einbettung audiovisueller Feedbacks ist Gegenstand des Projekts „Digitale Übungsaufgaben 2.0“. Die Untersuchung der Wirksamkeit einer Kombination von diagnostischem Feedback in STACK und konfliktinduzierenden H5P-Videos zur Reduzierung von Fehlermustern ist Gegenstand des Promotionsvorhabens von E. Schirmer in Kooperation mit der TU Eindhoven. Im Projekt „MINT World mixed reality“ ist geplant, H5P und STACK in einer virtuellen Realität zu verschmelzen, um eine Nachbereitung der Projekte (Abschnitt 3) zu erleichtern [Al19b]. Diese Projekte werfen ein Spektrum an Forschungsfragen auf, das von der Analyse von Lernprozessen über die Operationalisierung von Problemlösekompetenz bis zur Untersuchung individueller Lerntrajektorien und Nutzung einzelner Komponenten des Fachkonzepts reicht. Folglich sind für eine forschungs- und evidenzbasierte Entwicklung digitaler Fachkonzepte entsprechend interdisziplinäre Kooperationen erforderlich.

Insgesamt zeigt sich, dass mit STACK eine neue Generation digitaler Übungsaufgaben realisierbar ist, die auch hohen didaktischen Ansprüchen genügt. Zudem wird die Umsetzung neuartiger digitaler Fachkonzepte möglich. Dennoch birgt der aktuelle Entwicklungsstand von STACK noch Potenzial für Weiterentwicklungen. Diese beziehen sich aus unserer Sicht unter anderem auf eine einfachere Möglichkeit zur Integration dynamischer Geometriesoftware, gestufter Feedbacks, einer höheren Performance und Usability sowie eine noch bessere Ausnutzung des Befehlsrepertoires des zugrundeliegenden Computer Algebra Systems MAXIMA. Erfreulicherweise lässt die hohe Dynamik und Vitalität der STACK-Community hier in nicht allzu ferner Zukunft kreative Lösungen und Fortschritte erwarten.

Literatur

- [Al19a] Altieri, M.; Schirmer, E. (eingereicht): Learning the concept of eigenvalues and eigenvectors: A comparative analysis of achieved concept construction in linear algebra using APOS theory among students from different educational backgrounds. ZDM Mathematics Education, special issue 6/2019.
- [Al19b] Altieri, M.; Schellenbach, M.; Opfermann, C.; Regnet, J.; Paluch, D.: Unreal Engine 4 trifft H5P und PBL – Integration einer virtuellen Realität mit interaktiven Erklärvideos in ein digitales Fachkonzept zur Unterstützung problembasierten Lernens. Erscheint in: Tagungsband zum Hanse-Kolloquium 2018. WTM-Verlag, Münster, 2019.

- [Be12] Bergmann, J.; Sams, A.: Flip your classroom: Reach every student in every class every day. International Society for Technology in Education, 2012.
- [Bl02] Blok, H.; Oostdam, R.; Otter, M. E.; Overmaat, M.: Computer-assisted instruction: A review. *Review of educational research*, 72(1): S. 101–130, 2012.
- [Br17] Bruder, R.; Feldt-Caesar, N.; Kallweit, M.; Krusekamp, S.; Neugebauer, C.; Schaub, M.; Winter, K.: Digital Diagnostic Testing Tasks (DDTA) - Theoretical Design and interactive example. *Proceedings of the 41st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Volume 2, 2017.
- [Cl16] Clark, R. C.; Mayer, R. E.: E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning. J. Wiley & Sons, Hoboken, 2016.
- [Dr14] Drücke-Noe, C.: Aufgabenkultur in Klassenarbeiten im Fach Mathematik: Empirische Untersuchungen in neunten und zehnten Klassen. Springer Spektrum, Wiesbaden, 2014.
- [Fl93] Fleming, M.; Levie, W.: Instructional Message Design: Principles from the Behavioral and Cognitive Sciences. Educational Technology Publications, New Jersey, 1993.
- [Fr12] Friedlander, A.; Arcavi, A.: Practicing Algebraic Skills: A Conceptual Approach. *Mathematics Teacher*, 105(8): S. 608–614, 2012.
- [Ha07] Hattie, J.; Timperley, H.: The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1): S. 81–112, 2007.
- [Ha11] Hattie, J.A.; Gan, M.: Instruction based on Feedback. In (Mayer, R. et al., Hrsg.): *Handbook of Research on Learning and Instruction*. Routledge, NY, S. 249–271, 2011.
- [Ha13] Hattie, J.; Beywl, W.; Zierer, K.: Lernen sichtbar machen. Schneider-Verlag, Baltmannsweiler, 2013.
- [Ku12] Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Mathematik für die allgemeine Hochschulreife. KMK, Berlin, 2012.
- [Le16] Le, N.-T.: A classification of adaptive feedback in educational systems for programming. *Systems*, 4(2): S. 22, 2016.
- [Ne17] New Media Consortium: NMC Horizon Report > 2017 Higher Education Edition. Zugriff am 30.12.18 auf <http://cdn.nmc.org/media/2017-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>
- [Sa13] Sangwin C. Computer Aided Assessment of Mathematics, Oxford University Press, ISBN: 9780199660353, 2013.
- [We05] Weber, A.: Problem-Based Learning-Ansatz zur Verknüpfung von Theorie und Praxis. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(1): S. 94–104, 2005.
- [Wi94] Winne, P. H.; Butler, D. L.: Student cognition in learning from teaching. In (Husen, T.; Postlewaite, T., Hrsg.): *International encyclopaedia of education* (2. Aufl.). Pergamon, Oxford, S. 5738–5745 UK, 1994.