Verstehensorienterte Online-Diagnostik – Ein SMARTer Weg

Katrin Klingbeil[1], Fabian Rösken[1], Bärbel Barzel[1], Florian Schacht[1], Daniel Thurm[2] & Ulrich Kortenkamp[3]

[1]*Universität Duisburg-Essen,* [2]*Universität Siegen,* [3]*Universtiät Potsdam*

Der SMART-Test ist ein digitales Diagnose-Werkzeug, das nicht nur oberflächlich in den Dimensionen „richtig/falsch" diagnostiziert, sondern tiefergehende, verstehensorientierte Erkenntnisse mit geringem Zeitaufwand liefert. Dies erfolgt durch Tests zu gezielten Kompetenzen und einem digitalen Auswertungssystem. Die Lehrkraft erhält zu jedem:jeder Schüler:in den Stand bzgl. Fehlvorstellungen und individueller Verstehensstufe. Diese diagnostischen Informationen sind kombiniert mit gezielten Förderhinweisen. Die SMART-Tests entstehen im Rahmen des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung (DZLM) für den deutschsprachigen Raum auf der Grundlage von insgesamt 130 SMART-Tests für die Sekundarstufe I, die in Australien entwickelt wurden. Neben Übersetzung und Adaption fokussiert die begleitende Forschung einerseits das Potenzial zur Kompetenzentwicklung auf Schüler:innenebene und andererseits, inwieweit der Einsatz von SMART-Tests für die Professionalisierung der Lehrkräfte förderlich ist.

Einleitung

Eine individuelle, diagnosegeleitete Förderung von Lernenden ist einer der wichtigsten Faktoren, um das Verständnis und Lernen von Mathematik effektiv zu unterstützen (Wiliam, 2011; Black & Wiliam, 2009; Leuders & Prediger, 2017). Trotz politischer, wissenschaftlicher und pädagogischer Bemühungen scheint der Einsatz von formativem Assessment im Unterricht noch immer eine Herausforderung darzustellen (Schütze et al., 2018). Eine nachhaltige individuelle Förderung erfordert von den Lehrkräften sowohl diagnostische Kompetenzen als auch einen nicht zu unterschätzenden Zeitaufwand. Online-Diagnosetools können für diese Anforderungen eine schnelle und einfache Lösung bieten. Allerdings dürfen Diagnosen nicht nur auf einer oberflächlichen Ebene bleiben und sich auf Aussagen zu Lösungsquoten wie „richtig/falsch" beschränken, sondern sie müssen auch auf das konzeptionelle Verständnis abzielen. Dennoch konzentrieren sich die meisten Online-Diagnosesysteme häufig auf Lösungsquoten und prozeduralen Kompetenzen innerhalb eng definierter Aufgaben (Thurm, 2021). Dabei erfahren Lehrkräfte nur, welche Aufgaben gelöst werden konnten und welche Lösungsquote ihre Lerngruppe hat. Warum allerdings manche Aufgaben nicht gelöst werden konnten, bleibt auf individueller und auf Klassenebene verborgen. Es besteht daher ein dringender Bedarf, Lehrkräfte mithilfe einer tiefgehenden verstehensorientierten Online-Diagnostik zu unterstützen, die Aufschluss über bestehende Fehlvorstellungen und Verstehensstufen der Lernenden gibt. Eine Möglichkeit dafür bietet das SMART-System.

SMART ist ein digitales formatives Diagnosetool, das in Australien entwickelt wurde (Stacey et al., 2018) und derzeit in Deutschland adaptiert und implementiert wird. In diesem Beitrag stellen wir erste Ergebnisse einer Pilotierung vor. Zu Beginn der Implementierung von SMART-Tests fokussieren wir den Bereich der Algebra, da es gerade beim Erlernen der Algebra noch große Herausforderungen gibt (Trendel & Roß, 2018). Zum Beispiel stellt bereits das Verständnis von Variablen für viele Lernende eine Herausforderung dar (Arcavi et al., 2017; Malle 1993) und es gibt viele bekannte

Digitales Lernen in Distanz und Präsenz. Herbsttagung des Arbeitskreises Mathematikunterricht und digitale Werkzeuge am 25. September 2021. | Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz. DOI: 10.17185/duepublico/76034

Fehlvorstellungen im Umgang mit Variablen (Steinle et al., 2009). Deshalb haben wir in der Pilotierung den Fokus zunächst auf Tests zum Verständnis von Variablen gesetzt.

SMART – Formatives Assessment, digital und verstehensorientiert

Formatives Assessment

Formatives Assessment lässt sich konzeptualisieren als „all those activities undertaken by teachers, and or by their students, which provide information to be used as feedback to modify the teaching and learning activities in which they are engaged" (Black & Wiliam, 1998, S. 7–8). Zu den wichtigen Kernelementen des formativen Assessments gehört die Erhebung von Lernständen, Verstehensstufen und eventuelle Fehlvorstellungen der Lernenden (z. B. durch geeignete Aufgaben) sowie die Anpassung des Unterrichts auf der Grundlage der gesammelten diagnostischen Informationen (Black & Wiliam, 1998). In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass die Diagnostik tiefgreifend ist und nicht auf einer oberflächlichen Ebene wie der Korrektheit einer Aufgabe stehen bleibt. Vielmehr sollten sich die Diagnosen auf konzeptuelles Erfassen und mögliche Fehlvorstellungen der Lernenden konzentrieren. Erst eine solche tiefgehende Diagnose schafft die Grundlage dafür, dass Lehrkräfte ihren Unterricht sinnvoll an dem Denken ihrer Schüler:innen anpassen können, um die Konzeptentwicklung der Lernenden zu fördern. Genaue und tiefgreifende Diagnosen erfordern jedoch in der Regel einen beträchtlichen Zeit- und Arbeitsaufwand auf Seiten der Lehrkräfte, was der Grund dafür sein könnte, dass formatives Assessment mit einem Schwerpunkt auf dem Verstehen oft nur selten im Unterricht eingesetzt wird (Stacey et al., 2018).

Digitale Online-Diagnostik

Digitale Werkzeuge können den Einsatz von formativem Assessment auf verschiedene Arten unterstützen (Olsher & Thurm, 2021; Olsher et al., 2016). Beispielsweise bietet digitale Online-Diagnostik die Möglichkeit, eine schnelle und umfassende verstehensorientierte Diagnose durchzuführen, indem automatisch Muster zwischen einzelnen Diagnoseelementen analysiert werden (Steinle et al., 2009). Dies erhöht die Praktikabilität von verstehensorientiertem formativem Assessment erheblich. Pellegrino und Quellmalz stellen zum Beispiel fest:

> No individual, whether a classroom teacher or other user of assessment data, could realistically be expected to handle the information flow, analysis demands, and decision-making burdens involved without technological support. Thus, technology removes some of the constraints that previously made high-quality formative assessment difficult or impractical for a classroom teacher. (2010, S. 130)

Darüber hinaus können digitale formative Bewertungsumgebungen die Integration neuer verstehensorientierter Aufgabenformate und dynamischer mathematischen Visualisierungen unterstützen (Olsher et al., 2016). Doch auch wenn das formative Assessment durch digitale Online-Diagnostik erleichtert wird, scheint eine begleitende Lehrkräftefortbildung wichtig zu sein, die ihre Vorteile und Besonderheiten aufzeigt und die Lehrkräfte bei der Umsetzung unterstützt (Stacey et al., 2018). Ohne eine solche Fortbildung besteht die Gefahr, dass Lehrkräfte die Diagnose von formativen Assessments eher im Sinne einer summativen Bewertung nutzen, anstatt ihren Unterricht auf der Grundlage der diagnostischen Informationen verständnisorientiert weiterzuentwickeln (Stacey et al., 2018).

Verstehensorientiert diagnostizieren mit SMART-Tests am Beispiel „Werte für Variablen“

Eine verstehensorientierte Diagnostik kann mit Hilfe digital gestützter Diagnosesysteme durchgeführt werden, die eine schnelle und tiefgreifende Auswertung nutzen (Stacey et al., 2018), die z. B. auch Antwortmuster zwischen einzelnen Diagnose-Items analysiert (Steinle et al., 2009). Genau das ist der Kern von SMART (*Specific Mathematics Assessments that Reveal Thinking*), einem webbasierten Diagnosesystem, das innerhalb weniger Minuten nicht nur verstehensorientierte Diagnosen, sondern auch weiterführende Unterrichtsempfehlungen und Informationen zu häufigen Fehlvorstellungen liefert. Diese Informationen liefern einerseits schnelle, direkt verwertbare Ergebnisse für die Lehrkraft und fördern andererseits implizit das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte und damit ihre diagnostischen Fähigkeiten.

SMART-Tests werden seit über 12 Jahren an der Universität von Melbourne entwickelt und die meisten Tests fokussieren das grundlegende konzeptuelle Verständnis zentraler Inhalte, während manche Tests prozedurale Fähigkeiten in den Blick nehmen (Price et al., 2013). SMART-Tests sind für die Jahrgangsstufen 5 bis 9 konzipiert und dauern zwischen 10 und 15 Minuten in ihrer Bearbeitung. Nachdem die Schüler:innen einen Test ausgefüllt haben, erhalten die Lehrkräfte eine automatische Diagnose für jede:n Schüler:in in Form von Verstehensstufen und Fehlvorstellungen. Zusätzlich werden Erklärungen und Unterrichtsvorschläge bereitgestellt. Diese Vorschläge enthalten allgemeine Hinweise zu Ritualen, Einstellungen, Methoden und wünschenswerten Konzepten sowie konkrete Aufgaben, die zur Unterstützung der Schüler:innen eingesetzt werden können.

Im Folgenden werden zur Konkretisierung zwei Tests zur Bedeutung von Variablen vorgestellt. Der erste Test „Werte für Variablen einsetzen“ untersucht das Verständnis der Schüler:innen für die Konventionen bezüglich der Werte, die Variablen annehmen können, z. B. dass in einem bestimmten Term eine Variable nur für eine Zahl stehen darf und dass verschiedene Variablen auch für dieselbe Zahl stehen können. Auf der Grundlage der Analyse von 17 kurzen Aufgaben wird das Verständnis der Schüler:innen in eine von fünf Stufen eingeteilt:

Stufe 0: Diese Schüler:innen ersetzen in sehr einfachen Additionstermen die Variablen nicht korrekt durch Zahlenwerte.

Stufe 1: Diese Schüler:innen wissen, dass Buchstaben für Zahlen stehen können, und können für diese in sehr einfachen Termen richtig Werte einsetzen. Sie denken aber möglicherweise, dass die Werte der Buchstaben irgendwie mit deren Position im Alphabet zusammenhängen.

Stufe 2: Diese Schüler:innen interpretieren Buchstaben lediglich als Platzhalter für eine Zahl. Deshalb kann bei ihnen derselbe Buchstabe verschiedene Werte innerhalb eines Terms annehmen.

Stufe 3: Diese Schüler:innen sind sich bewusst, dass derselbe Buchstabe innerhalb eines Terms immer für denselben Wert steht, ABER sie übergeneralisieren dies zu der Annahme, dass verschiedene Buchstaben für verschiedene Werte stehen müssen.

Stufe 4: Diese Schüler:innen wissen, dass derselbe Buchstabe innerhalb eines Terms immer für denselben Wert steht und dass verschiedene Buchstaben für denselben Wert stehen können.

Wenn Fehlvorstellungen erkannt wurden, werden diese ebenfalls aufgeführt: (1) Manche Schüler:innen haben bereits Schwierigkeiten damit, einfache Terme aus Variablen korrekt zu bilden und kombinieren stattdessen fälschlicherweise die vorgegebenen Elemente (Buchstaben und/oder Werte), z. B. $a + b = ab$. (2) Wenn derselbe Buchstabe mehr als einmal in einem Term vorkommt, verstehen manche Schüler:innen, dass er denselben Wert hat, geben diesen Wert aber für jedes Vorkommen getrennt an, z. B. Für $x + 2x = 12$ ist $x = 4, x = 4$. (3) Es gibt auch Schüler:innen, die Variablen stark mit deren Position im Alphabet assoziieren und Buchstaben und den Wert ihrer Stelle gleichbedeutend verwenden, z. B. $a + 5 = f$ (fünf Buchstaben weiter als a). (4) Es kann sich auch eine von verschiedenen Fehlvorstellungen zeigen, die direkt mit dem Alphabet zusammenhängen: Manche Schüler:innen ordnen einer Variable häufig den Wert zu, der der Position des Buchstabens im Alphabet entspricht, z. B. $b = 2$. Andere Schüler:innen denken, dass die Werte von aufeinanderfolgenden Buchstaben (die für Variablen stehen) auch aufeinanderfolgende Zahlen sein müssen, z. B. wenn $b = 12$ dann $c = 13$. Andere wiederum denken, dass der Wert einer Variablen kleiner sein muss, wenn der zugehörige Buchstabe im Alphabet vor dem Buchstaben einer anderen Variablen kommt, z. B. wenn $c = 7$ dann $b < 7$.

Der zweite Test „Variablen in ihrer Bedeutung erfassen“ besteht aus drei Aufgaben und prüft, ob die Schüler:innen wissen, dass Buchstaben in der Algebra für Zahlen stehen. Viele Schüler:innen interpretieren und nutzen Variablen als Abkürzungen für Wörter oder Objekte und denken, dass die Algebra hauptsächlich nur eine mathematische Kurzschreibweise ist (Code VO-K). Diese Fehleinschätzung ist in der Literatur bekannt als die „Letter as Object“-Fehlvorstellung (Küchemann, 1982). Schüler:innen zeigen eine komplexere Art dieser Fehlvorstellung, wenn sie zuerst eine Lösung finden und deren Werte dann als Koeffizienten in ihrer Gleichung verwenden (Code VO-A). In diesem Test werden vier Verstehensstufen diagnostiziert, die von der Nichtinterpretation von Variablen als Platzhalter für numerische Werte bis zur konsequenten Interpretation von Variablen als Platzhalter für numerische Werte reichen. Eine der wichtigen Empfehlungen für den Unterricht lautet hier, die „Obstsalat-Algebra“ zu vermeiden: Oft verwenden Lehrkräfte Objekte wie Äpfel und Bananen für a und b, um zu erklären, wie man Terme wie $3a + 2b + 7a$ vereinfacht. Dadurch verstärken sie ungewollt die Idee, dass Variablen für Objekte statt für Zahlen stehen (Arcavi et al., 2017, S. 51).

Projektdesign zur Implementation in Deutschland

Im Rahmen eines Projektes des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung (DZLM) werden die ersten beiden SMART-Tests im Bereich der Algebra für den Einsatz im deutschsprachigen Raum adaptiert und übersetzt. Ziel ist, dass die Tests zukünftig über die verschiedenen Lernplattformen der Länder genutzt werden können. Darüber hinaus wird ein begleitendes Fortbildungsprogramm entwickelt, um die Auswirkungen auf die diagnostischen Kompetenzen der Lehrkräfte und damit auf die Kompetenzen der Schüler:innen zu verstärken. Im Rahmen der Studie soll untersucht werden, ob zusätzliche Fortbildungsveranstaltungen notwendig sind, damit SMART eine signifikante Wirkung auf die Kompetenzen der Lehrkräfte und der Schüler:innen hat. Dabei werden die folgenden Forschungsfragen jeweils in Abhängigkeit von der Art der zusätzlichen Unterstützung, die Lehrkräfte erhalten, untersucht:

1. Wie entwickelt sich die Diagnose- und Förderkompetenz von Lehrkräften im Bereich des Variablenverständnisses und die Selbstwirksamkeitsüberzeugungen zu digitaler Diagnose und Förderung durch den Einsatz des SMART-Tests?
2. Welche Fördermaßnahmen vollziehen die Lehrkräfte in ihrem Unterricht beim Einsatz des SMART-Tests?
3. Wie und zu welchem Zweck integrieren die Lehrkräfte die Ergebnisse der SMART-Tests in ihren Unterricht?
4. Wie entwickeln sich das Verständnis und die Fehlvorstellungen der Schüler:innen?

Diese Forschungsfragen sollen mithilfe eines Pre-test-treatment-post-test-Designs, welches drei verschiedene Gruppen (jeweils n = 120) umfasst, untersucht werden (siehe Abbildung 1). In allen Gruppen setzen die Lehrkräfte SMART-Tests bei ihren Schüler:innen ein, erhalten aber auf unterschiedliche Weise Unterstützung bei der Nutzung der Testergebnisse: Während Lehrkräfte der ersten beiden Gruppen die automatischen SMART-Diagnosen in Form von Verstehensstufen und Fehlvorstellungen sowie Erläuterungen und Förderhinweise erhalten, werden den Lehrkräften der Kontrollgruppe (G3) lediglich die korrigierten Testantworten ihrer Schüler:innen zur Verfügung gestellt. Lehrkräfte der ersten Gruppe erhalten zusätzlich zwei Fortbildungen, in denen anhand der Testergebnisse der eigenen Schüler:innen Fördermaßnahmen geplant und reflektiert werden.

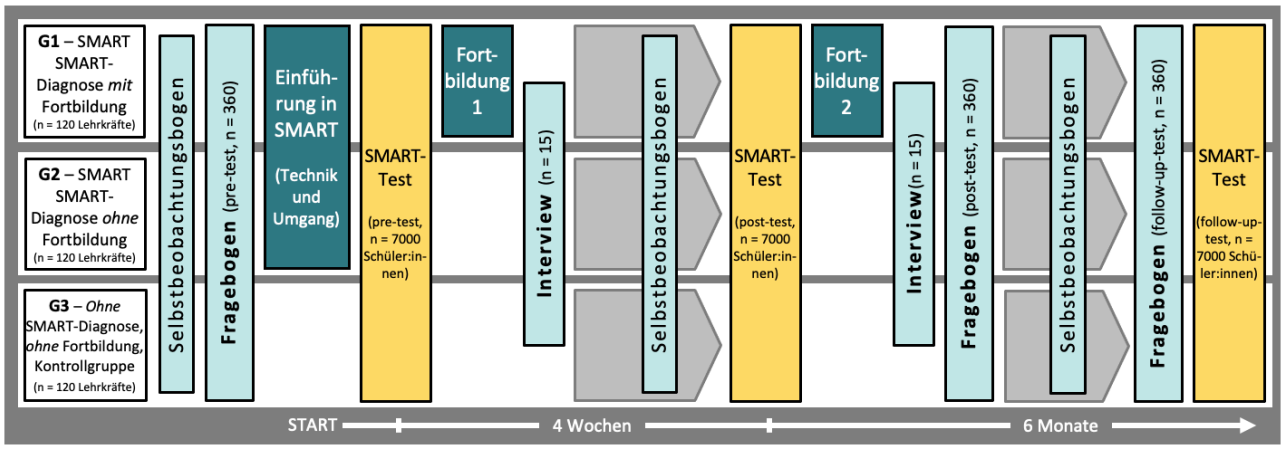

Abbildung 1: Projektdesign

Um die erste Forschungsfrage zu beantworten, werden in allen Gruppen zu drei Zeitpunkten Diagnose- und Förderkompetenzen sowie Selbstwirksamskeitsüberzeugungen in Bezug auf digitales formatives Assessment mithilfe eines Fragebogens erhoben. Darüber hinaus erfassen alle Lehrkräfte mithilfe eines Selbstbeobachtungsbogens Diagnose- und Fördermaßnahmen, die sie in ihrem Unterricht durchführen (Forschungsfrage 2). Um genauer nachzuvollziehen, wie und mit welcher Intention Lehrkräfte die Ergebnisse und Informationen des SMART-Tests nutzen und in ihren Unterricht integrieren (Forschungsfrage 3), werden mit einer Auswahl von fünf Lehrkräften pro Gruppe leitfadengestützte Interviews geführt und anschließend mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet. Die Ergebnisse der SMART-Tests werden nicht nur von den Lehrkräften zur Diagnose genutzt, sondern auch mit Blick auf die vierte Forschungsfrage herangezogen. Für alle drei

Gruppen werden Verstehensstufen und Fehlvorstellungen der Schüler:innen (n = 7000) zunächst in einem Pretest und nach vier Wochen in einem Posttest erhoben und verglichen. Mit Follow-up-Tests nach weiteren sechs Monaten soll untersucht werden, inwiefern bei den Lehrkräften mögliche langfristige Effekte des Einsatzes von SMART-Tests eingetreten sind. Bei den Schüler:innen hingegen soll beobachtet werden, wie sich die Vorstellungen zu Variablen im Laufe der Zeit verändern.

Erste Eindrücke

In einer ersten Pilotierung wurden die beiden SMART-Tests zum Variablenverständnis von zwei Lehrkräften jeweils in ihrer 7. Klasse eingesetzt. Anschließend wurden die Lehrkräfte in einem halbstrukturierten Interview gebeten, laut zu denken, während sie die SMART-Ergebnisse ihrer Schüler:innen erhielten. Auf der Ebene der Schüler:innen (n = 24) konnte zunächst festgestellt werden, dass die Fehlvorstellungen aus den in Australien erprobten Tests auch auf Lernende in Deutschland übertragbar zu sein scheinen, da alle getesteten Fehlvorstellungen tatsächlich jeweils bei mindestens einer Person diagnostiziert wurden. Bei den Lehrkräften wurde deutlich, dass SMART-Tests das Potenzial haben, Wissenslücken zu schließen, brachten doch beide wiederholt zum Ausdruck, dass ihnen bestimmte Fehlvorstellungen zuvor nicht bekannt gewesen seien.

Lehrer: Da habe ich noch nie drüber nachgedacht, dass es auch offensichtlich Schüler gibt, die mit den Buchstaben halt Positionen im Alphabet verbinden. Das ist mir – also, da habe ich noch NIE drüber nachgedacht.

Allerdings wird im weiteren Verlauf des Interviews sichtbar, dass das Wahrnehmen einer neuen Information noch nicht automatisch bedeutet, dass diese auch im Unterrichtsprozess implementiert werden kann. So ist oben zitierter Lehrer im Folgenden nicht in der Lage, die beschriebene Fehlvorstellungen in den Antworten seiner Schüler:innen zu erkennen. Im Gegensatz dazu bezieht die andere Lehrerin die neue Information umgehend auf ihren Unterricht und reflektiert ihr eigenes Handeln. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Lehrkräften wird in Bezug auf den selbst gewählten Fokus deutlich: Während sich die Lehrerin vor allem auf die SMART-Diagnose (Verstehensstufen und Fehlvorstellungen), die Erläuterungen dieser sowie auf die Unterrichtsvorschläge konzentriert, schaut sich der Lehrer schwerpunktmäßig die einzelnen Antworten seiner Schüler:innen an, um diese selbst zu interpretieren. Diese Beobachtungen bestärken die Vermutung, dass zumindest für manche Lehrkräfte eine begleitende Fortbildung erforderlich ist, um die SMART-Tests im intendierten Sinne nutzen und die eigene Diagnosekompetenz verbessern zu können. Dies gilt insbesondere auch für das Planen und Durchführen von Fördermaßnahmen. Beide Lehrkräfte nehmen sich zwar während des Interviews vor, einen der Aufgabenvorschläge in ihrem Unterricht einzusetzen; dies wurde schlussendlich aber nur von einer Person durchgeführt. Hierfür sollten künftig Gründe eruiert und entsprechende Unterstützungsmaßnahmen im Rahmen einer Fortbildung konzipiert werden.

Ausblick

Zum einen, werden die Erkenntnisse aus der ersten Pilotierung in die Konzeption der Fortbildungen einfließen. Zum anderen ist eine zweite Pilotierung geplant, in der einzelne Schüler:innen im Anschluss an den SMART-Test interviewt werden, um zu überprüfen, ob die SMART-Diagnose, die bei den untersuchten Tests ausschließlich auf Single-Choice-Items basiert, mit den tatsächlichen Vorstellungen deutscher Schüler:innen übereinstimmt. Die Realisierung und Umsetzung der vielen weiteren

SMART-Tests soll im Rahmen verschiedener weiterer Projekte erfolgen, zu denen Anträge gestellt und teilweise bereits bewilligt wurden.

Danksagung

Wir danken Kaye Stacey, Beth Price, Vicki Steinle, Lynda Ball und Eugene Gvozdenko (Universität Melbourne, Australien) sowie Mathias Sotta (Universität Potsdam) für den intensiven Austausch und die Kooperation bei der Adaptierung von SMART für deutschsprachige Länder.

Literatur

Arcavi, A., Drijvers, P. & Stacey, K. (2017). The learning and teaching of algebra: Ideas, insights and activities. Routledge.

Black, P. & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation & Accountability*, *21*, 5–31.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Beltz Juventa.

Küchemann, D. (1981). Algebra. In K. M. Hart, M. L. Brown, D. E. Kuchemann, D. Kerslake, G. Ruddock & M. McCartney (Hrsg.), *Children's Understanding of Mathematics* (S. 102-119). John Murray.

Leuders, T. & Prediger, S. (2017). Flexibel differenzieren erfordert fachdidaktische Kategorien. In J. Leuders, T. Leuders, S. Prediger & S. Ruwisch (Hrsg.), *Mit Heterogenität im Mathematikunterricht umgehen lernen* (S. 3–16). Springer Spektrum.

Malle, G. (1993). *Didaktische Probleme der elementaren Algebra*. Vieweg.

Olsher, S. & Thurm, D. (2021). The interplay between digital automatic-assessment and self-assessment. In M. Inprasitha, N. Changsri & N. Boonsena (Hrsg.), *Proceedings of the 44th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, S. 431–440). PME.

Olsher, S., Yerushalmy, M. & Chazan, D. (2016). How might the use of technology in formative assessment support changes in mathematics teaching. *For the Learning of Mathematics, 36*, 11–18.

Pellegrino, J. W. & Quellmalz, E. S. (2010). Perspectives on the Integration of Technology and Assessment. *Journal of Research on Technology in Education, 43*, 119–134.

Price, B., Stacey, K., Steinle, V., & Gvozdenko, E. (2013). SMART online assessments for teaching mathematics. *Mathematics Teaching, 235*, 10–15.

Schütze, B., Souvignier, E. & Hasselhorn, M. (2018). Stichwort – Formatives Assessment. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *21*, 697–715.

Stacey, K., Steinle, V., Price, B. & Gvozdenko, E. (2018). Specific mathematics assessments that reveal thinking: An online tool to build teachers' diagnostic competence and support teaching. In T. Leuders, K. Philipp & J. Leuders (Hrsg.), *Diagnostic competence of mathematic teachers – Unpacking a complex construct in teacher education and teacher practice* (S. 241–263). Springer.

Steinle, V., Gvozdenko, E., Price, B., Stacey, K. & Pierce, R. (2009). Investigating students' numerical misconceptions in algebra. In R. Hunter, B. Bicknell & T. Burgess (Hrsg.), *Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia:* (Vol. 2. *Crossing divides*, S. 491–498). MERGA.

Thurm, D. (2021). Onlinebasiertes Testen. Reichhaltige Mischkultur oder gefährliche Monokultur? *mathematik lehren*, *225*, 43–45.

Trendel, G. & Roß, J. (2018): *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten*. Waxmann.

Wiliam, D. (2011). *Embedded formative assessment.* Solution Tree Press.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

ub universitäts bibliothek

Dieser Text wird über DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/76034
URN: urn:nbn:de:hbz:465-20220615-145818-2

Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 Lizenz (CC BY 4.0) genutzt werden.