

Projektskizze

Diese Projektskizze stellt eine verkürzte Zusammenfassung der Publikation [Walter & Schwätzer 2022 ZMFP] dar, in welcher detailliertere Informationen zum Vorhaben gegeben werden.

Einführung

In der aktuellen Diskussion wird der Nutzung digitaler Medien in der Schule ein großer Stellenwert zugesprochen. Jedoch kann es bisweilen schwierig sein, aus dem umfangreichen Angebot qualitativ hochwertige Apps herauszufiltern. Zudem sollte der Einsatz solcher Apps in die curricularen Ziele des Unterrichts eingebettet sein.

Im Projekt *Mapps* möchten wir daher für den Mathematikunterricht der Grundschule einen Beitrag zur fachdidaktischen Analyse von Software leisten, indem Apps, die sich in den Stores der Betriebssysteme iOS und Android unter dem gängigen Suchbegriffdupel „Mathe Grundschule“ finden lassen, kriteriengeleitet analysiert werden. Die Ergebnisse dieser Analyse werden auf der Webseite mapps.de in einer Datenbank zur Verfügung gestellt, so dass Lehrkräfte darin gezielt – dem unterrichtlichen Einsatzzweck angepasst – Apps für den Mathematikunterricht herausfiltern und vergleichen können. Ebenso zeigt eine quantitative Auswertung Verteilungen und Häufungen verschiedener App-Aspekte auf, die wiederum von der mathematikdidaktischen Entwicklungsforschung aufgegriffen werden können. So liefert die Auswertung Anregung zur Entwicklung von Apps, die wenig berücksichtigte Kompetenzbereiche adressiert. Letztlich soll die Datenbank dynamisch sein und wachsen – auch unter Beteiligung weiterer mathematikdidaktischer Expertinnen und Experten.

Hintergrund

Bedingt durch die Schulschließungen zu Zeiten der COVID-19-Pandemie wurden digitale Medien im Mathematikunterricht stärker als zuvor in Lehr-Lernprozesse eingebunden (Lorenz et al., 2021). Jedoch zeigen Daten der vergangenen TIMS-Studien, dass digitale Medien (bspw. Tablet-Computer) im Mathematikunterricht der Grundschule noch selten, unregelmäßig und eher ergänzend genutzt werden. Aktuelle Studien verweisen auf mögliche Potenziale digitaler Medien im Mathematikunterricht (Walter, 2018). Es scheint jedoch schwierig zu sein, adäquate Medien zu finden. Denn die Qualität verfügbarer digitaler Lernangebote wird aufgrund der vielfach zu beobachtenden einseitigen Fokussierung auf Kalkül statt auf Verständnis kritisiert (vgl. Krauthausen, 1991; Öttl et al. 2020; Prediger, 2021). In der mathematikdidaktischen Diskussion wird der Einsatz von Apps auf Tablet-Computer im Unterricht dann als sinnvoll bedacht, wenn er dem „Primat der Fachdidaktik“ (Krauthausen, 2012, S. 52) folgt, also mathematikdidaktisch sinnvoll erscheint, statt einer bloßen Technikfixierung Rechnung zu tragen – ‚iPad-Klassen‘ allein sind noch kein Qualitätsmerkmal.

Lehrkräfte müssen also in der Lage sein, unter dem Primat der Fachdidaktik aus der Fülle der in den Stores verfügbaren Apps solche auszuwählen, die zu ihren durch Lehrpläne und Bildungsstandards gesetzten curricularen Zielen passen und sich geeignet unterrichtlich einbetten lassen. Sie müssen sich damit auseinandersetzen, inwieweit ausgewählte Apps das

Erreichen spezifischer Lernziele ermöglichen, welche Kriterien sie zur Auswahl solcher Apps heranziehen, um dem eigenen didaktischen Anspruch gerecht werden zu können.

Suchfunktionen in den Stores der Anbieter helfen hier kaum: Allein die Rubrik ‚Bildung‘ des Apple App-Stores enthält mehr als 400.000 Apps ohne weitere Untergliederungen – etwa nach Fächern oder intendierten Einsatzzwecken. Daher wurden in der Mathematikdidaktik in den vergangenen Jahren ‚Kriterienkataloge‘ mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen entwickelt (etwa Etzold et al. 2019; Krawehl 2009; Larkin et al. 2019; Leuders 2019; PIKAS-Team 2020; Platz 2019), deren Praktikabilität jedoch eher an exemplarischen Apps (plausibel) dargelegt werden.

Eine wissenschaftliche Untersuchung des globalen Softwareangebotes in den deutschen App-Stores bezogen auf Mathematik und Grundschule ist uns nicht bekannt. International untersuchten unter anderem Highfield und Goodwin (2013) $N = 360$ häufig installierte und gut bewertete Apps aus der Kategorie Bildung des englischsprachigen Apple App-Stores unter verschiedenen Aspekten. Zwar fanden sich vergleichsweise häufig Apps für den Vorschul- und Grundschulbereich, die jedoch nur in einem geringen Maß Lehrplaninhalte des Mathematikunterrichts adressierten. Zudem wurde eine große Dominanz von Apps mit instruktivem, einem behavioristisches Lehr-Lern-Konzept folgendem Design erkannt. Mathematikapps für den Grundschulunterricht ($N = 142$) wurden von Larkin (2014; 2015) daraufhin untersucht, inwiefern sie Inhalte des australischen Lehrplans Mathematik entsprechen. Hier zeigte sich eine deutliche Dominanz der Teilbereichs *Number and place value* (105 Apps). Ebenso zeigte sich, dass etwa die Hälfte der Apps rein deklaratives Wissen enthielt, prozedurales oder konzeptuelles Wissen wurde deutlich seltener adressiert. Beide Studien sind jedoch nicht ohne Weiteres auf deutschsprachige Apps übertragbar und liegen zudem schon zehn Jahre zurück – in der ‚digitalen Welt‘ ein langer Zeitraum.

Analyseschwerpunkte und Kategorien im Projekt Mappa

Zunächst möchten wir unterstreichen, was *Mappa* nicht leisten soll: Es wird kein Ranking, kein ‚Küren‘ der besten App angestrebt, da unserer Ansicht nach die unterrichtlichen Lernziele bestimmen, welche Art von Unterrichtssoftware für das Erreichen dieser spezifischen Lernziele zum jeweiligen Lernprozessegment passend sein kann. So erscheint bspw. eine Software zum automatisierenden Üben in einer explorativen Phase des Grundvorstellungsaufbaus zur Addition wenig geeignet, kann aber gut zum abschließenden Training von abrufbaren Automationen des kleinen Einspluseins eingesetzt werden.

Die Analyse von Apps für den Mathematikunterricht der Grundschule geschieht daher im Projekt *Mappa* in vier Analyseschwerpunkten:

- Oberflächenmerkmale, darunter verstehen wir:
 - Reportierbare Fakten aus den Appstores wie Plattformverfügbarkeit, Downloadzahlen oder Bewertungen (hier kann beispielsweise der Preis einer App ein schulisches Auswahl-Kriterium sein).
 - Qualitative Einschätzungen zum „Primat der Reduzierung aufs Wesentliche“ (Krauthausen 2012), also ob der mathematische bzw. mathematikdidaktische Kern deutlich hervortritt – oder ob Mathematik in einer ‚bunte Hülle‘ wie etwa

- einem Abenteuerspiel ‚verkauft‘ wird, welche aus lernpsychologischer Sicht als störend erwiesen sind (Sundararajan & Adesope, 2020).
- Qualitative Einschätzungen zum Vorhandensein von Belohnungsmechanismen, die als Indikator eines eher behavioristischen Lehr-Lern-Konzept gesehen werden.
 - Einschätzungen der Zuordnung zu Jahrgangsstufen (Vorschule, 1/2 , 3/4, Sek1 und übergreifender Einsatz).
 - Inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen
 - Hier folgen wir zum einen den curricularen Zielen der KMK-Bildungsstandards (KMK, 2022) und schätzen ein, welche inhaltsbezogenen Kompetenzbereiche (*Zahlen und Operationen; Raum und Form; Muster, Strukturen, funktionaler Zusammenhang; Größen und Messen; Daten und Zufall*) in der jeweiligen App angesprochen werden.
 - Zum anderen folgen wir den dort ebenfalls gelisteten prozessbezogenen Kompetenzen *mathematisch argumentieren, Probleme mathematisch lösen, mathematisch darstellen, mathematisch kommunizieren sowie mathematisch modellieren*, hier jedoch in einer zweistufigen qualitativen Einschätzung, ob solche Inhalte in der jeweiligen App direkt angesprochen werden, oder aber ob sie mit Hilfe der App im Unterricht realisierbar erscheinen.
 - Produktives Üben
 - Hier schätzen wir auf der Grundlage der Übungsmatrix der Konzeption des Produktiven Übens (Wittmann, 1992; Winter 1984) ein, welchem Übungstyp und somit auch welcher Phase des Lernprozesses die Apps zuordbar wären:
 - Gestützt-unstrukturiertes Üben, Aufgaben ohne Strukturzusammenhang mit ikonischen Darstellungen (Explorierungsphase).
 - Gestützt-strukturiertes Üben, mittels ikonischer Darstellungen gestellte Aufgaben stehen in einem Strukturzusammenhang zueinander (Erarbeitungsphase).
 - Formal-strukturiertes Üben: Aufgaben lediglich in symbolischer Darstellung mit Strukturzusammenhang (Konsolidierungsphase).
 - Formal-unstrukturiertes Üben: Aufgaben ohne Strukturzusammenhang auf formaler Darstellungsebene (Automatisierungsphase).
 - Allerdings kann diese Einschätzung nur vorgenommen werden, wenn die App auch Aufgaben vorgibt, was ein weiteres Analysekriterium darstellt, oder ob ganz oder zum Teil auch selbst bzw. im Unterricht begleitend gestellte Aufgaben damit gelöst werden sollen.
 - Potenziale digitaler Medien für das Mathematiklernen
 - Hier differenzieren wir in Anlehnung an Walter (2018) zwischen zwei Arten von Potenzialen digitaler Medien: (1) mathematikdidaktische Potenziale...
 - *Passung zwischen Handlung und mentaler Operation*: Wird die Handlungen an den virtuellen Materialien mit den intendierten mentalen Vorstellungsbildern in Einklang gebracht (Thompson, 1992)?
 - *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen*: Zieht die Änderung einer z.B. ikonischen Darstellung automatisch eine Änderung einer weiteren z.B. symbolischen Darstellungen nach sich (Reinhold et al., i. Dr.)?

- *Strukturierungshilfen*: Werden manipulierte Objekte automatisch/ auf Anfrage sinnvoll strukturiert (Walter, 2018)?
- *Auslagerungsprinzip*: Werden Routinetätigkeiten (z.B. viele Rechnungen) ausgelagert, Lernende sich mehr prozessbezogenen Kompetenzen widmen können (Krauthausen & Lorenz, 2011)?
- *Multitouch-Technologie*: Ist die gleichzeitige Interaktion mit mehreren Fingern an mehreren Objekten (z.B. drei ‚Plättchen‘ gleichzeitig ziehen) möglich (Ladel & Kortenkamp, 2014)?
- *Informative Rückmeldungen*: Werden über ‚richtig‘ und ‚falsch‘ hinaus prozessorientierte Rückmeldungen wie etwa Impulse zur individuellen und konstruktiven Weiterarbeit gegeben?
- ... und (2) unterrichtsorganisatorische Potenziale.
 - *Unbegrenzter Materialvorrat*: Können beliebig viele Handlungen/ Problemlösungen/ Aufgabenbearbeitungen ... durchgeführt werden?
 - *Komfortable Dokumentation von Bearbeitungen*: Lassen sich z.B. operativ gefundene Lösungen archivieren und vergleichen?
 - *Unbegrenzter Vorrat an Aufgaben*: Werden immer wieder neue Aufgaben generiert, sind dieses nicht kataloghaft fest vorgegeben?

Fragestellungen und Vorgehensweise

Mit der vorangehend vorgestellten kriterienorientierten Analyse wollen wir versuchen, folgende Fragen zu beantworten:

1. Welches Bild ergibt sich neben aus den Stores reportierten Fakten aus den vorgenommenen Einstufungen der analysierten Apps zu den weiteren Oberflächenmerkmalen (z.B. Klassenstufen)?
2. Welche curricular gesetzten Ziele werden im derzeit verfügbaren Bestand an Unterrichtssoftware adressiert?
3. Für welche Phasen des Lernprozesses scheinen Unterrichtssoftwares geeignet zu sein?
4. Inwieweit sind in Unterrichtssoftwares unterrichtsorganisatorische und fachdidaktische Potenziale digitaler Medien implementiert?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden die Suchworte „Mathe Grundschule“ im iOS und Android Store eingegeben und die (sich ständig dynamisch ändernde) Ergebnisliste im August 2022 gespeichert und in eine Datenbank gespeist. Zusätzlich wurden noch weitere, sowohl in der Unterrichtspraxis, als auch in der mathematikdidaktischen Community bekannte und nur zum Teil in der Suchliste enthaltene Apps wie etwa die Softwareentwicklungen von Christian Urff (www.lernsoftware-mathematik.de) in die Datenbank mit aufgenommen, so dass zu Analysestart $N = 277$ Apps in der Datenbank aufgenommen waren. Anschließend wurden die Apps von beiden Studienbetreibern unabhängig analysiert und in den entsprechenden Kategorien eingeschätzt. Dabei kam es zu einer hohen Intercoder-Reliabilität von 99,5 Prozent (wenn abweichend, dann zumeist in der Einstufung einzelner nicht sichtbarer, aber möglicher prozessbezogener Kompetenzen).

Ergebnisse

Alle Ergebnisse können unter mappa.de eingesehen werden. Zudem ist die Ergebnisdarstellung auf der Webseite dynamisch, d.h. ggf. weitere App-Analysen fließen sofort in die Berechnungen mit ein. Hier erfolgt nur eine kurze, ausgewählte Zusammenfassung, die Zahlen beziehen sich auf $N = 227$ Apps, Stand August 2022:

- Analyseschwerpunkt: Oberflächenmerkmale
 - 128 der Apps sind nur im Apple App-Store verfügbar, 47 nur im Android Play-Store, 52 jedoch in beiden Stores.
 - 35 Prozent der Apps sind kostenlos, der Rest kostenpflichtig bis 'teuer'
 - Zahlen zu Downloads und Bewertungsanzahlen/ -quoten streuen quer über alle Analysekatgorien und erzeugen keine aussagekräftigen Befunde im Sinne der vorliegenden Fragestellungen.
 - 140 (62 %) der analysierten Apps zeigen für das Lernen irrelevante oder gar störende, ablenkende Gestaltungsmerkmale.
 - 87 Apps (38 %) wurden als auf das Wesentliche reduziert eingeschätzt, erscheinen also in der Ausgestaltung als auf den Lerngegenstand fokussiert.
 - 69 Prozent der Apps werden so eingeschätzt, dass Belohnungsmechanismen direkt nach jeder einzelnen Aufgabe, bei weiteren 17 Prozent nach einem ‚Aufgabensatz‘ erfolgen. Bei 14 Prozent der Apps ist kein Belohnungsmechanismus erkennbar.
 - 54 Prozent der Apps wurden der Klasse 1/2 zugeordnet, 15 Prozent der Klasse 3/4, und 27 Prozent der Apps bieten stufenübergreifende Inhalte.
- Analyseschwerpunkt: Inhalts-/prozessbezogene Kompetenzen
 - 93 Prozent der Apps adressieren den Inhaltsbereich *Zahlen und Operationen* der inhaltsbezogenen Kompetenzen, 21 Prozent den Bereich *Raum und Form*, 7 Prozent den Bereich *Muster, Strukturen, funktionaler Zusammenhang*, 20 Prozent den Bereich *Größen und Messen* sowie 3 Prozent den Bereich *Daten und Zufall*.
 - 74 Prozent der analysierten Apps weisen dabei nur einen Bezug zu einer einzigen inhaltsbezogenen Kompetenz auf, 10 Prozent zu zwei dieser Kompetenzen, 16 Prozent zu drei oder mehr inhaltsbezogenen Kompetenzen.
 - 223 Apps weisen keinerlei explizite Bezüge zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen in den vorliegenden Aufgabenstellungen auf
 - Je 12 Prozent der Apps könnten die prozessbezogenen Kompetenzen *mathematisch argumentieren* und *mathematisch kommunizieren*, 11 Prozent *mathematisch darstellen*, 8 Prozent *Probleme mathematisch lösen* und einer einzige App *mathematisch modellieren* aufgreifen, wenn von der Lehrkraft eine entsprechende unterrichtliche Einbettung erfolgt.
- Analyseschwerpunkt: Produktives Üben
 - 192 Apps (85 %) geben ausschließlich Aufgaben vor, 18 Apps (8 %) haben zusätzlich einen Bereich für eigene Aufgabenstellungen. 15 Apps (7 %) der Apps geben keine Aufgaben vor und präsentieren sich als digitales Arbeitsmittel.
 - Bei 81 Prozent der Apps sind formal-unstrukturierte Übungsformen zu finden.

- 50 Prozent aller Apps weisen zumindest eine gestützt-unstrukturierte Übungssequenz auf.
- 6 Prozent weisen mindestens eine gestützt-strukturierte Übungssequenz auf, 5 Prozent eine ebensolche formal-strukturierte.
- Analyseschwerpunkt: Potenziale digitaler Medien
 - 79 Prozent der Apps weisen keines der mathematikdidaktischen Potenziale auf.
 - 10 Prozent der Apps weisen das Potenzial *Passung zwischen Handlung und mentaler Operation* auf, 11 Prozent die *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen*, 14 Prozent *Strukturierungshilfen*, 7 Prozent das *Auslagerungsprinzip*, 7 Prozent die *Multitouch-Technologie* sowie 7 Prozent das Potenzial *Informative Rückmeldungen*.
 - Auf der Seite der unterrichtsorganisatorischen Potenziale zeigt sich, dass vor allem das Potenzial *Unbegrenzter Vorrat an Aufgaben* bei einer Reihe an Apps vorzufinden ist (92 %). Das Potenzial *Komfortable Dokumentation von Bearbeitungen* (4 %) sowie *Unbegrenzter Materialvorrat* (12 %) sind demgegenüber seltener festzustellen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse (August 2022, $N = 227$) lassen sich im Wesentlichen wie folgt zusammenfassen:

- Es ist eine klare Dominanz des Bereichs *Zahlen und Operationen* der inhaltsbezogenen Kompetenzen und von unstrukturierten Übungsformen erkennbar.
- Kaum eine App enthält in den Aktivitäten bzw. Aufgabenmodulen Aufgabenstellungen, die die Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen explizit einschließen, diese könnten aber bei einigen Apps durch adäquate externe Impulse angeregt werden.
- Mathematikdidaktische Potenziale finden sich im Gegensatz zu unterrichtsorganisatorischen Potenzialen eher vereinzelt wieder.

Dennoch lassen sich für den Unterricht vielversprechende Apps identifizieren, wenn sie in ihrer Funktion und Wirkweise bewusst in die passenden unterrichtlichen Settings und Lernphasen eingebettet werden.

Literaturverzeichnis

[Walter & Schwätzer 2022 ZMFP]

Etzold, H., Kortenkamp, U., & Ladel, S. (2018). ACAT-Review-Guide – Ein tätigkeitstheoretischer Blick auf die Beurteilung von Mathematik-Apps. In S. Ladel, U. Kortenkamp, & H. Etzold (Hrsg.), *Mathematik mit digitalen Medien – konkret* (S. 91–98). WTM-Verlag Münster.
<https://doi.org/10.37626/GA9783959870788.0.07>

Highfield, K., & Goodwin, K. (2013). Apps for mathematics learning: A review of ‘educational’ apps from the iTunes app store. In V. Steinle, L. Ball, & C. Bardini (Hrsg.), *Proceedings of the 36th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (S. 378–385). MERGA.

KMK – Kultusministerkonferenz (2022). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. Beschluss vom 15.10.2004 in der Fassung vom 23.06.2022.
https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-Primarbereich-Mathe.pdf [21.08.2022].

- Krawehl, F. (2009). Didactical evaluation of mathematical classroom software. In J. Novotná & H. Moraová (Hrsg.), SEMT '09, International Symposium Elementary Maths Teaching (S. 289–293). Charles University.
- Krauthausen, G. (1991). Software im Mathematikunterricht: Eine Betrachtung aus fachdidaktischer Sicht. *Computer Bildung/Schulpraxis*, Heft 5/6, 36–41.
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Spektrum Akademischer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2277-4>
- Krauthausen, G., & Lorenz, J. H. (2011). Computereinsatz im Mathematikunterricht. In G. Walther, M. van den Heuvel-Panhuizen, D. Granzer, & O. Köller (Hrsg.), *Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret: Bd. 5. Auflage* (S. 162–183). Cornelsen.
- Ladel, S., & Kortenkamp, U. (2014). Number concepts – processes of internalization and externalization by the use of multi-touch technology. In C. Benz, B. Brandt, U. Kortenkamp, G. Krummheuer, S. Ladel, & R. Vogel (Hrsg.), *Early Mathematics Learning. Selected Papers of the POEM 2012 Conference* (S. 237–256). Springer.
- Larkin, K. (2014). iPad apps that promote mathematical knowledge? Yes, they exist! *APMC*, 19(2), 28–32.
- Larkin, K. (2015). “An App! An App! My Kingdom for An App”: An 18-Month Quest to Determine Whether Apps Support Mathematical Knowledge Building. In T. Lowrie & R. Jorgensen (Hrsg.), *Digital Games and Mathematics Learning* (Bd. 4, S. 251–276). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9517-3_13
- Larkin, K., Kortenkamp, U., Ladel, S., & Etzold, H. (2019). Using the ACAT Framework to Evaluate the Design of Two Geometry Apps: An Exploratory Study. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 5(1), 59–92. <https://doi.org/10.1007/s40751-018-0045-4>
- Leuders, T. (2019). Mathematik erkunden und verstehen mit unterrichtsintegrierten Lern-Apps – Fachdidaktische Kriterien für die kognitive Aktivierung und Verstehensunterstützung. In A. Büchter, M. Glade, R. Herold-Blasius, M. Klinger, F. Schacht, & P. Scherer (Hrsg.), *Vielfältige Zugänge zum Mathematikunterricht* (S. 219–231). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24292-3_16
- Lorenz, R., Yotyodying, S., Eickelmann, B. & Endberg, M. (2021). *Schule digital – der Länderindikator 2021. Erste Ergebnisse und Analysen im Bundesländervergleich*. Verfügbar unter <https://www.telekom-stiftung.de/aktivitaeten/schule-digital-der-laenderindikator>.
- Öttl, B., Lange, T., Thurm, D., Selter, C., & Barzel, B. (2020). Guten Mathematikunterricht mit digitalen Medien gestalten – auch und gerade im Fernunterricht mit Unterstützung des DZLM. *GDM-Mitteilungen*, 109, 51–55.
- PIKAS-Team (o. J.). PIKAS digi. Abgerufen von <https://www.pikas-digi.dzlm.de>
- Platz, M. (2019). Vorstellung eines Entscheidungsunterstützungssystems für die Auswahl passender Apps und Applets für den Mathematikunterricht der Grundschule. In D. Walter & R. Rink (Hrsg.), *Digitale Medien in der Lehrerbildung Mathematik* (S. 167–182). WTM-Verlag Münster. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871204.0.09>
- Prediger, S. (2021). Verständnis statt nur Rechenverfahren: Mathematische Bildung in und nach der Pandemie. In K. Maaz & M. Becker-Mrotzek (Hrsg.), *Schule weiter denken: Was wir aus der Pandemie lernen* (S. 119–131). Duden.
- Reinhold, F., Walter, D., & Weigand, H.-G. (im Druck). *Digitale Medien*. In R. Bruder, A. Büchter, H. Gasteiger, B. Schmidt-Thieme & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch Mathematikdidaktik* (2. Auflage, S. XX–XX). Berlin und Heidelberg: Springer.
- Sundararajan, N., & Adesope, O. (2020). Keep it Coherent: A Meta-Analysis of the Seductive Details Effect. *Educational Psychology Review*, 32(3), 707–734. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09522-4>
- Thompson, P. W. (1992). Notations, conventions, and constraints: Contributions to effective uses of concrete materials in elementary mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23(2), 123–147.

Walter, D. (2018). Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps. Springer Fachmedien Wiesbaden.
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-19067-5>

Winter, H. (1984). Begriff und Bedeutung des Übens im Mathematikunterricht. *mathematik lehren* (2), 4-16.

Wittmann, E. Ch. (1992). Üben im Lernprozeß. In *Handbuch produktiver Rechenübungen, Band 2: Vom halbschriftlichen zum schriftlichen Rechnen* (S. 175–182). Klett.

Dieses Dokument steht unter einer <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>