

Christof SCHREIBER, Gießen

Medien machen den Unterschied: Darstellen – Sprache – Heterogenität

Anhand ausgewählter Projekte zu den Bereichen Darstellen, Sprache und Heterogenität soll hier gezeigt werden, wo, wann und wie die Medien den Unterschied machen oder machen können. Dazu werden die Projekte ‚Mathe Chat‘, ‚PriMaPodcasts‘ und die Verwendung von Apps in inklusiven Settings als Beispiele genutzt. Wichtig ist, dass die digitalen Medien in Verbindung mit ‚nicht digitalen Medien‘ genutzt werden, die im Folgenden als ‚physische‘ Medien bezeichnet werden. Dazu zunächst einige Vorbemerkungen, um meine Sicht auf Medien – digitale und physische – einzuordnen.

Digital vs. physisch – digital & physisch

In der deutschsprachigen Mathematikdidaktik für die Primarstufe ist es Konsens, dass Primärerfahrungen – also der direkte Kontakt mit physischen Arbeitsmitteln – unabdingbar sind (Ladel, 2018; Krauthausen, 2012). Bei der Verwendung von Medien geht es in der Regel um die Kombination von digital und physisch. Das zeigt sich in der Idee des *Duo of Artefact* (Soury-Lavergne, 2016; Ladel, 2018): Zentral ist dabei die Kombination der Potentiale digitaler und physischer Arbeitsmittel und damit die Überwindung der Grenzen des jeweiligen Arbeitsmittels. Durch die produktive Kombination ergibt sich die Möglichkeit, die unterschiedlichen Potentiale zu nutzen. Das virtuelle Arbeitsmittel hat Möglichkeiten, die man mit der physischen Version nicht haben kann und umgekehrt. Genau solche Unterschiede machen es möglich, die mathematischen Strukturen des jeweiligen Materials zu betrachten. Die Lehrkraft kann daran anknüpfend Reflexionsprozesse initiieren. Gemeinsamkeiten der digitalen und physischen Arbeitsmittel ermöglichen dabei den Transfer zwischen den Materialien (Soury-Lavergne, 2016).

Viele ‚traditionelle‘ Arbeitsmittel, die den Alltag im Mathematikunterricht bestimmen, wurden auch in virtueller Form erstellt. Dabei lassen diese virtuellen Arbeitsmittel sich auch anders nutzen oder müssen anders genutzt werden. Gesucht wird nicht der oft erwartete ‚Mehrwert‘ der digitalen Medien, sondern es eröffnen sich vielmehr Potentiale des digitalen Materials (Walter, 2018; Urff, 2014). Die Nutzung der Potentiale ist dabei abhängig von den Aufgabenstellungen und für digitale und physische Medien unterschiedlich. Zentral bei der Nutzung von Medien – digitaler und physischer – ist das von Krauthausen und Herrmann (1990) postulierte ‚Primat der Didaktik‘, also der Hinweis, dass die Entscheidung für oder eben auch gegen den Einsatz eines Mediums aus grundschul- und fachdidaktischen Gründen fällt (S. 182f).

Im Folgenden werden die Bereiche Darstellen, Sprache und Heterogenität anhand von Projekten der Arbeitsgruppe Primarstufe am IDM Gießen illustriert. Dass diese Bereiche nicht überschneidungsfrei sind, liegt auf der Hand, sie sind sogar eng miteinander verbunden und überlappen einander.

Im Vortrag wurden noch das Radioprojekt ‚Kinderfunkkolleg-Mathematik.de‘ (s. Peters 2020) und bilinguale PrimarWebQuests (s. Baschek 2021) vorgestellt, die im Folgenden aus Platzgründen nicht beschrieben werden.

Darstellen: Forschungsprojekt ‚Mathe-Chat‘

Dem Darstellen ist das Projekt ‚Mathe-Chat‘ zuzuordnen. Hier wurden mathematische Inhalte und Aushandlungsprozesse schriftlich-grafisch auf Bildschirmen dargestellt (Schreiber, 2010). Um einen Einblick in das weite Feld des Darstellens im Mathematikunterricht zu geben, soll die Sichtweise aus dem Arbeitskreis ‚Semiotik, Zeichen und Sprache in der Mathematikdidaktik‘ hier sehr kurz skizziert werden:

Lernende erzeugen beim Mathematiktreiben Inskriptionen (also Geschriebenes und Gezeichnetes), die sie dann manipulieren können. Das sind die Objekte, mit denen hier Mathematik betrieben wird – aus dieser Sicht existiert die Mathematik nicht nur im Kopf. Wenn einzelne Inskriptionen regelgeleitet zusammengefügt werden, können Diagramme (im Sinne von Peirce) erstellt werden. Auch diese können wiederum manipuliert und weiterentwickelt werden. Diagramme sind dabei oft gemeinsame Produkte und können von Gruppen von Lernenden gemeinsam genutzt und weiterentwickelt werden (Dörfler, 2006; Schreiber, 2010; Ott, 2016).

Im Projekt Mathe-Chat wurden die kollaborativen diagrammatischen Tätigkeiten der Lernenden untersucht. Dazu haben Lernende in zwei getrennten Räumen gemeinsam an der gleichen Aufgabe gearbeitet. Die Endgeräte waren kabellos miteinander verbunden. Die von den Lernenden verwendeten schriftlichen Darstellungen auf dem Computerbildschirm ließen sich als die von ihnen verwendeten mathematischen Objekte identifizieren. Diese wurden durch ihre regelgeleitete Darstellung von der einfachen ‚Inskription‘ also einzelnen Zeichen durch gewisse Regeln zu Diagrammen. Die Regeln für die Diagramme waren dabei durchaus von den unterschiedlichen Beteiligten auch unausgesprochen erkennbar. Sie konnten die Regeln zur Erstellung von Diagrammen entwickeln, die dann von den anderen beteiligten Lernenden erkannt und selbst wieder verwendet wurden. Zentral war die Erkenntnis, dass das Lernen von Mathematik wesentlich auf schriftlich-grafische Prozesse gestützt stattfinden kann (Schreiber, 2010).

Um die Kommunikation im Mathe-Chat genauer zu beschreiben, wurde diese in das Spannungsfeld von Mündlichkeit und Schriftlichkeit nach Koch

und Österreicher (1995) eingeordnet. In diesem Spannungsfeld, das Fetzer (2007) für die Didaktik der Mathematik aufgegriffen hat, ist medial klar, ob eine Kommunikation entweder phonisch oder grafisch ist. Die Kommunikation kann aber konzeptionell eher mündlich oder eher schriftlich sein, was als graduell beschreibbar ist. Medial ist die Kommunikation im Mathe-Chat jedoch grafisch. Es wird auf dem Bildschirm geschrieben und gezeichnet. Allerdings ähnelt die Kommunikation in solch einem Chat dem face-to-face Gespräch, sie ist als ‚konzeptionell mündlich‘ beschreibbar (s. Abb. 2).

Sprache: Audio-Podcasts zur Mathematik

Nach den Erfahrungen zur schriftlich-grafischen Darstellung von Mathematik im Lernprozess wurde mit der Erstellung von mathematischen Audio-Podcasts auf die mündliche Darstellung von Mathematik fokussiert. In den Audio-Podcast Projekten sollen die Lernenden mathematische Fragen oder Sachverhalte mündlich klären. Mit diesem Projekt können die Bereiche ‚Darstellen‘ und ‚Sprache‘ verbunden betrachtet werden. Daher zunächst wenige Vorbemerkungen zu ‚Mathematik und Sprache‘.

Bei den zahlreichen Konzepten, die hier nicht dargestellt werden können, herrscht m.E. Einigkeit in folgendem Punkt: Sprache hat im Mathematikunterricht die folgenden vier ‚Funktionen‘: Sprache ist *Lerngegenstand*, muss also erlernt werden, damit eine Verständigung über Mathematik möglich wird. Sprache ist zugleich aber auch das *Lernmedium*, denn fachliche Lernprozesse werden in der Regel sprachlich vermittelt. Neue Bedeutungen müssen auch sprachlich ausgehandelt werden. Dabei ist Sprache auch *Lernvoraussetzung*: Das Mathematiklernen ist entscheidend vom sprachlichen Verständnis abhängig. Dies kann zur Herausforderung werden, wenn Lernende im Mathematikunterricht dem Unterrichtsgeschehen aus sprachlichen Gründen nicht folgen können. In diesem Fall wird Sprache zum *Lernhindernis*.

Die Erstellung von Audio-Podcasts betont also vor allem die Mündlichkeit: Es handelt sich um eine Art Gegenstück zum Mathe-Chat, da hier ein mündliches Endprodukt erstellt werden soll. Aus Sicht der *Forschung* interessiert, was in diesem Prozess zu beobachten ist. Die Darstellung mathematischer Inhalte ist – wenn man nur mündlich darstellen kann – eine besondere Anforderung, die auch *Lernchancen* mit sich bringt. Die Begriffsbildung kann gezielt gefördert werden, Themen können wiederholt und vertieft werden. Außerdem zeigte sich, dass mit dem entwickelten Ablauf der Erstellung eine Möglichkeit besteht, den *Lernstand* zumindest informell zu erheben. Es geht bei den Themen immer um eine Wiederholung und Vertiefung bekannter Begriffe oder Sachverhalte.

Der mehrstufige Erstellungsprozess (s. Abb. 1) sieht wiederum eine Verbindung mündlicher und schriftlich-graphischer Darstellungen von mathematischen Inhalten vor (Schreiber & Klose, 2016):

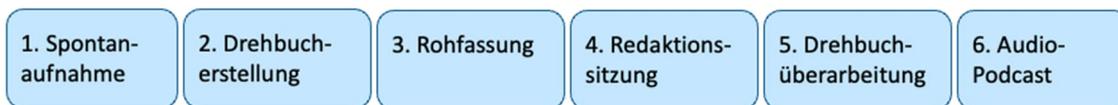


Abb. 1: Ablauf der Erstellung von PriMaPodcasts

Zunächst wird eine Frage zu einem bekannten Begriff spontan beantwortet. Die Antworten werden mithilfe eines Aufnahmegerätes aufgezeichnet (Spontanaufnahme). Im nächsten Schritt halten die Lerngruppen ihre Ideen schriftlich-graphisch in einem Drehbuch fest. Dazu stehen verschiedene Materialien zur Verfügung (Drehbuch I). Auf Grundlage des Drehbuchs machen sie eine mündliche Aufnahme (Rohfassung). Die Rohfassung und das Drehbuch werden der Lehrkraft und einer weiteren Lerngruppe vorgestellt (Redaktionssitzung). Mit den Hinweisen aus der Redaktionssitzung überarbeiten die Lernenden das Drehbuch (Drehbuch II). Anschließend nehmen sie auf Grundlage des zweiten Drehbuchs den Podcast auf (PriMaPodcast), einen Audio-Podcasts zur Mathematik in der Primarstufe.

Auch hier soll die Kommunikation in den einzelnen Phasen der Erstellung der Audio-Podcast in das Spannungsfeld von Mündlichkeit und Schriftlichkeit eingeordnet werden (s. Abb. 2):

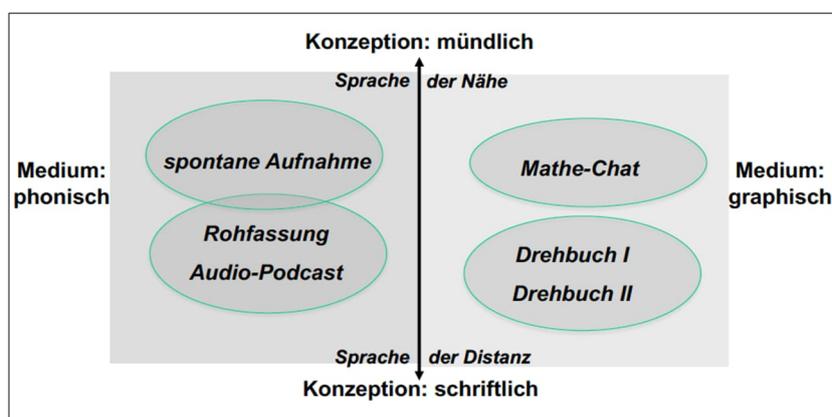


Abb. 2: Spannungsfeld Schriftlichkeit-Mündlichkeit nach Koch & Oesterreicher (1985); s.a. Fetzer (2007) und Schreiber (2020, S. 220)

Die spontane Aufnahme ist medial phonisch. Dabei ist diese auch konzeptionell mündlich, eher unstrukturiert und wenig elaboriert. Das Drehbuch ist medial grafisch und wird – je nach Gestaltung – auch konzeptionell eher schriftlich gestaltet. Die Rohfassung ist konzeptionell ganz ähnlich einzuordnen wie Drehbuch I. Es ist medial phonisch, weil für die Rohfassung das Drehbuch vorgelesen wird. Es folgt Drehbuch II und die Endfassung, bei

denen medial wieder der Wechsel zur graphischen und zurück zur phonischen Kommunikation erfolgt. Konzeptionell sind beide – je nach Gestaltung – eher als schriftlich zu charakterisieren.

Die Einordnung in das Spannungsfeld zeigt, dass die Erstellung der Audio-Podcasts einen Prozess darstellt, in dem sich die Phasen medial abwechseln, es also einen Wechsel von phonischer zu graphischer Kommunikation und wieder zurück gibt. In konzeptioneller Hinsicht bewegt sich der Erstellungsprozess tendenziell von der Mündlichkeit zur Schriftlichkeit. Also eine Bewegung von eher alltagssprachlich geprägter erster Aufnahme hin zu einem eher bildungs- und fachsprachlichen Endprodukt. Eine Bewegung, die für den Lernprozess und die Begriffsbildung durchaus förderlich sein kann.

Heterogenität: Kombination physischer und virtueller Arbeitsmittel

Im folgenden Projekt geht es um die Kombination des digitalen und des physischen Rechendreiecks (Bonow, 2020). Aufgaben mit dem Rechendreieck sind wahlweise sehr einfach gestaltbar und schon für den Vorschulbereich geeignet, können aber auch sehr anspruchsvoll für alle Grundschuljahrgänge und darüber hinaus gestaltet sein. Das Aufgabenformat wird von Krauthausen und Scherer als ein typisches Beispiel zur Natürlichen Differenzierung genutzt (2014). Auch im Projekt von Bonow wird es in einem ‚inkluisiven Setting‘ erforscht (2020). Dazu hier kurze Vorbemerkungen:

Ohne Zweifel sind die Erwartungen an digitale Medien in Bezug auf die ‚Bewältigung‘ von Heterogenität riesig (Krauthausen, 2012). Krauthausen warnt vor Individualisierungstendenzen im Sinne von Vereinzelung durch den Einsatz digitaler Medien für die Differenzierung (2018). Walter und Dixel (2020) haben die Möglichkeiten digitaler Medien in Bezug auf Differenzierung untersucht. Sie kommen zum Ergebnis, dass es keine globalen Aussagen über die besondere Tauglichkeit digitaler Medien gibt. Die Potentiale lassen sich eben nur in spezifischen Unterrichtssituationen nutzen. Also kommt es darauf an, wie Medien im Unterricht verwendet werden.

Die Studie von Bonow (2020) beschäftigt sich mit dem ‚Duo of Artefacts‘, also den Potentialen der Kombination digitaler und physischer Arbeitsmittel. Gerade auch die Besonderheit der Kombination und der Reihenfolge wird in diesem Projekt untersucht. Forscheraufträge im Projekt sind so gestaltet, dass Arbeitsmittel einmal digital, einmal physisch, in wechselnder Reihenfolge oder wahlweise digital oder physisch genutzt werden sollen.

Bei der Nutzung des virtuellen Rechendreiecks kann man die Außenzahlen nicht eintragen. Die Lernenden müssen die drei inneren Felder mit Plättchen füllen, die Außenzahlen werden automatisch berechnet: Das führt zu einer kognitiven Entlastung und kann Entdeckungen erleichtern. Gleichzeitig sind

hier allerdings Freiheitsgrade für das Entdecken auch eingeschränkt – man kann zum Beispiel nicht mit den Außenzahlen anfangen. Das ist beim physischen Rechendreieck anders. Das Dreieck ist auf einem laminierten A4 Blatt abgedruckt, die Plättchen werden in die Innenfelder gelegt und die Zahlen in die Außenfelder mit einem Folienstift eingetragen. Hier können und müssen die Lernenden alle Felder selbst füllen und dabei die Abhängigkeit von Innen- und Außenfeldern beachten, eine Rechenhilfe gibt es hier nicht.

Dieser Unterschied kann thematisiert werden und je nach Aufgabe kann das physische oder das virtuelle Rechendreieck das geeignete Arbeitsmittel sein oder eben genau die Kombination der beiden mit ihren Vorteilen und Freiheiten. Wichtig im Projekt ist, dass zum Ende jeder Aufgabe die Entdeckungen in einer Forscherrunde ausgetauscht und besprochen werden. Hier können auch die Arbeitsmittel selbst und deren Funktion reflektiert werden.

Darstellen – Sprache – Heterogenität: Unterschiede

Der **Unterschied**, der durch die Verwendung der **Chat Umgebung** erreicht wurde, ist, dass so die Lernenden medial auf die grafische Kommunikation festgelegt waren. Der Austausch über die Aufgaben ist auf das Schriftlich-Grafische begrenzt. Dabei ist das Medium grafisch. Die Art der Kommunikation ist ‚konzeptionell‘ eher mündlich, hoch interaktiv, synchron und auch informell, so wie sonst eine mündliche Interaktion. Durch dieses mediale Setting wurde das diagrammatische Arbeiten deutlich forciert und konnte untersucht werden. Heute könnte der Einsatz der Technik (fast) Alltag sein. Die Rolle der Notationen ist in solchen Projekten zentral und wird durch das besondere mediale Setting zu Recht in den Mittelpunkt gestellt.

Der **Unterschied** bei der Arbeit mit **Audio-Podcasts** findet – ähnlich wie beim Projekt Mathe-Chat – durch eine Fokussierung statt, hier auf das mündliche Darstellen von Mathematik. Das zu erstellende Endprodukt ist medial phonisch: Durch die Wahl des Mediums wird nur gesprochen. Dabei gibt es außerdem medial grafische Zwischenprodukte, die aber schon mit Blick auf das Endprodukt erstellt werden. Insgesamt erfolgt ein steter Wechsel zwischen medial graphischen und phonischen Produkten. Konzeptionell entwickeln sich die Produkte schrittweise von der Mündlichkeit zur Schriftlichkeit, also von der Verwendung der Alltagssprache in Richtung Bildungs- und Fachsprache. Die Begriffsbildung wird durch die Verwendung dieses Mediums forciert. Die Erstellung von Audio-Podcasts erweist sich als besonders vielfältig einsetzbar, nämlich in allen Schulstufen und auch in der Lehrerbildung (Klose, Lengnink & Schreiber, 2021). Auch bilinguale Settings (Klose, 2022) und fachsprachliche Lernprozesse im Förderschwerpunkt ‚Lernen‘ (Knobbe, 2023) können damit gestaltet und untersucht werden.

Für den Bereich der Heterogenität können aus dem beschriebenen Projekt nur erste Hinweise zum **Unterschied**, den die Medien hier machen, abgeleitet werden: Diese ‚Unterschiede‘, die die Medien machen, sind unbedingt aufgabenspezifisch. In Teilen gelang es den Lernenden, die Potentiale der Arbeitsmittel auszuschöpfen. Für diese Fälle stellten diese Arbeitsmittel und auch die Kombination der digitalen und physischen Version eine Unterstützung für die Lösung der Aufgaben dar. So konnten von den Lernenden Muster und Zusammenhänge erkannt und beschrieben werden. Arbeitsmittel und die Kombination der Arbeitsmittel haben sich in diesem Setting oft nicht als Entlastung herausgestellt: Gerade der Darstellungswechsel war für die Lernenden eine besondere Herausforderung. Allerdings waren die Arbeitsmittel in der Forscherrunde vielfach hilfreich. Hier konnten anhand der Arbeitsmittel Entdeckungen beschrieben werden auch wenn sprachliche Mittel begrenzt waren. Durch Zeigen und Vormachen war es möglich, Entdeckungen wie Muster und Besonderheiten zu erläutern. Die Rolle digitaler Medien in heterogenen Settings sollte unbedingt weiter beforscht werden.

Bei allen aufgeführten Überlegungen ist schließlich die Expertise der Lehrenden zu betonen. Auch sie erweist sich als entscheidender Unterschied beim Einsatz digitaler und physischer Arbeitsmittel.

Literatur

- Baschek, E. (2021). Sprachsensibler Einsatz bilingualer PrimärWebQuests im Mathematikunterricht. In Chr. Schreiber & R. Klose (Hrsg.), *Mathematik, Sprache und Medien* (S. 119–141). WTM.
- Bonow, J. (2020). Rechendreiecke analog und digital – Potenziale der Kombination von Arbeitsmitteln in inklusiven Settings. In S. Ladel, R. Rink, Chr. Schreiber & D. Walter (Hrsg.), *Forschung zu und mit digitalen Medien – Befunde für den Mathematikunterricht der Primarstufe* (S. 55–70). WTM.
- Dörfler, W. (2006). Diagramme und Mathematikunterricht. *Journal für Mathematikdidaktik*, 27(3/4), 200–219.
- Fetzer, M. (2007). *Interaktion am Werk - Eine Interaktionstheorie fachlichen Lernens, entwickelt am Beispiel von Schreibanlässen im Mathematikunterricht der Grundschule*. Klinkhardt.
- Klose, R. (2022). *Mathematische Begriffsbildung – PriMaPodcasts im bilingualen Kontext*. Waxmann.
- Klose, R., Lengnink, K. & Schreiber, Chr. (2021). Audio-Podcasts zum Darstellen, Kommunizieren und Reflektieren mathematischer Sachverhalte. In D. Graf, N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez & Chr. Schreiber (Hrsg.), *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende. TE@M – Teacher Education and Media*. (S. 133–139). Springer.
- Knobbe, T. (2022, i. Dr.). Audio-Podcasts zu Rechenwegen im Förderschwerpunkt Sprache. In F. Dilling, D. Thurm & I. Witzke (Hrsg.), *Digitaler Mathematikunterricht in Forschung und Praxis*. WTM.

- Knobbe, T (2023). „Und dann müssen wir vier von der zehn abrechnen“: Wie Lernende ihre Rechenwege verbalisieren. IDMI-Primar Goethe-Universität Frankfurt (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2022* (S. 929–932). WTM.
- Koch, P. & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. In P. Werle et al. (Hrsg.), *Romanistisches Jahrbuch, Band 36: 1985* (S. 15–43). DeGruyter.
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Springer.
- Krauthausen, G. & Herrmann, V. (1990). Gedanken zum Computereinsatz in der Grundschule: Plädoyer für eine pädagogisch-didaktisch reflektierte Diskussion. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 4*, 177–186.
- Krauthausen, G. & Scherer, P. (2014). *Natürliche Differenzierung im Mathematikunterricht – Konzepte und Praxisbeispiele aus der Grundschule*. Friedrich.
- Ladel, S. (2018). Sinnvolle Kombination virtueller und physischer Materialien. In S. Ladel, J. Knopf & A. Weinberger (Hrsg.), *Digitalisierung und Bildung* (S. 3–22). Springer.
- Ott, B. (2016). *Textaufgaben grafisch darstellen – Entwicklung eines Analyseinstruments und Evaluation einer Interventionsmaßnahme*. Waxmann.
- Peters, F. (2022, i.V.). The use of auditory media as mathematical language support in elementary classroom practice. In *Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*.
- Schreiber, Chr. (2010). *Semiotische Prozess-Karten. Chatbasierte Inskriptionen in mathematischen Problemlöseprozessen*. Waxmann.
- Schreiber, Chr. (2020). Audio-Podcasts für Lehre und Forschung. Mathematik mündlich darstellen als Herausforderung. In M. Beck, L. Billion, M. Fetzer, M. Huth, V. Möller & A.-V. Vogler (Hrsg.), *Multiperspektivische Analysen von Lehr-Lernprozessen. Mathematikdidaktische, multimodale, digitale und konzeptionelle Ansätze* (S. 217–227). Waxmann.
- Schreiber, Chr. & Klose, R. (2016). Wi(e)derstände für den mathematischen Lernprozess nutzen. In T. Knaus & O. Engel (Hrsg.), *framediale 2015* (S. 199–214). Kopaed.
- Soury-Lavergne, S. (2016). *Duos of artefacts, connecting technology and manipulatives to enhance mathematical learning*.
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01492990/document>
- Urff, C. (2014). *Digitale Lernmedien zur Förderung grundlegender mathematischer Kompetenzen. Theoretische Analysen, empirische Fallstudien und praktische Umsetzung anhand der Entwicklung virtueller Arbeitsmittel*. Mensch und Buch.
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps. Eine Untersuchung bei zählend rechnenden Lernenden zu Beginn des zweiten Schuljahres*. Springer.
- Walter, D. & Dexel, T. (2020). Heterogenität im Mathematikunterricht mit digitalen Medien begegnen? Eine fachdidaktische Perspektive auf Potentiale digital gestützten Mathematikunterricht in der Grundschule. *Zeitschrift für Grundschulforschung, 1*, 65–80.