



Daniel Walter & Ulrich Schwätzer

Mathematikapps für die Grundschule analysieren

Prof. Dr. Daniel Walter, Universität Bremen. e-mail: dwalter@uni-bremen.de

Dr. Ulrich Schwätzer, Universität Duisburg-Essen. e-mail: ulrich.schwaetzer@uni-due.de

Zusammenfassung

Die Nutzung digitaler Medien ist derzeit nicht nur bezogen auf den Mathematikunterricht der Grundschule ein Schwerpunktthema der schulischen Bildung. Dabei wird vor allem der Einsatz von Apps kontrovers diskutiert. Während auf der einen Seite von empirisch erprobten Positivbeispielen berichtet wird, so stehen auf der anderen Seite zahlreiche Apps in der Kritik. Dieser Artikel befasst sich mit der Frage, inwiefern eine kriteriengeleitete Analyse des Bestandes von Mathematikapps sowohl Anliegen der Praxis als auch der Forschung unterstützen kann. Hierzu wird im Theorie teil zunächst der Forschungsstand zur Einschätzung von Mathematikapps dargelegt. Nachdem bestehende Forschungserkenntnisse berichtet und Kriterien zur Analyse von Apps begründet dargelegt werden, erfolgt die Darstellung von Ergebnissen einer Analyse von 227 Mathematikapps. Die Überlegungen münden in eine kritische Diskussion, die eine Zusammenfassung der Ergebnisse, Konsequenzen für die Praxis und Forschung sowie Ausführungen zu Grenzen des Beitrags enthält.

Schlagworte

Apps, Digitale Medien, Grundschule, Kriterien, Bestandsanalyse



© Die Autorinnen und Autoren 2023. Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 Deutschland (CC BY-SA 4.0 de).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

1. Einführung

Mit der Verfügbarkeit erster Computer in den Achtzigerjahren prognostizierte Schipper (1986, S.23): „Wir stehen am Anfang einer Computer-Bildungsexpansion, die auch die Grundschule erfassen wird“. Wenn- gleich digitale Medien anders als vielerorts vermutet retrospektiv nicht in dem Maße Einzug in Grundschulen gefunden haben (Krauthausen, 2020), ist die Diskussion um den Einsatz digitaler Medien auch aktuell in allen Bildungsbereichen ein zentrales Thema der bildungspolitischen, wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskussion – auch bezogen auf den Mathematikunterricht an Grundschulen.

Obschon derzeit sicherlich nicht von einer flächendeckenden Nutzung digitaler Medien im Mathematikunterricht die Rede sein kann¹, verweisen jüngere Studien schulstufenübergreifend auf Lerneffekte (Hillmayr et al., 2020; Steenbergen-Hu & Cooper, 2013) und Potenziale digitaler Medien (Moyer-Packenham et al., 2016; Walter, 2018). Angesichts vielversprechender Daten wird der Einsatz digitaler Medien – bei geeigneter unterrichtlicher Einbettung – von vielen Seiten gefordert. Jedoch wurde und wird die Qualität verfügbarer digitaler Lernangebote wie seit Jahrzehnten aufgrund der vielfach beobachteten einseitigen Fokussierung auf Kalkül statt auf Verständnis auch scharf kritisiert (Krauthausen, 1991; Öttl et al., 2020; Prediger, 2021). Krauthausen (2012, S. 49) spricht in diesem Zusammenhang von einem „Qualitätsdilemma digitaler Lernumgebungen“ und fordert eindringlich dem „Primat der Fachdidaktik“ (KMK, 2016; Krauthausen, 2012, S. 52) statt einer bloßen Technikfixierung Rechnung zu tragen.

Die Aufgabe von Lehrkräften ist es in der Konsequenz, aus der Fülle verfügbarer Unterrichtssoftware die jeweils passende für das eigene Unterrichtsvorhaben auszuwählen. Dabei stellt sich Lehrkräften vor allem die Frage: „*Wie und auf welcher Grundlage wähle ich eine passende App für meinen Mathematikunterricht in der Grundschule aus?*“

Vor diesem Hintergrund wird im Artikel zunächst (Abschnitt 2) der Forschungsstand zur Einschätzung und Auswahl von Mathematikapps für

¹ Dies kann bspw. anhand der Daten der TIMSS-Lehrkräftefragebögen gefolgert werden, die in den nationalen Berichtsbänden (etwa Schwippert et al., 2020) nicht publiziert sind.

den Grundschulunterricht beleuchtet. Dies mündet in der Ableitung der in diesem Beitrag herangezogenen Kriterien zur Einschätzung der (fach-)didaktischen Qualität von Mathematikapps. Alsdann werden Informationen zum wissenschaftlichen Vorgehen einer Bestandsanalyse von $N = 227$ Apps beschrieben (Abschnitt 3). Die Darlegung der Ergebnisse dieser Bestandsanalyse folgt in Abschnitt 4. Eine kritische Diskussion beschließt den Beitrag, in der Konsequenzen für Forschung und Praxis abgeleitet sowie Limitationen beschrieben werden (Abschnitt 5).

2. Forschungsstand und Kriterienkatalog

2.1 Bisherige Bestandsanalysen und Instrumente

Alleine in der Rubrik ‚Bildung‘ zählte der Apple App Store laut des Portals *statista* zu Beginn des Jahres 2022 mehr als 400.000 Apps. Nach Aufruf der Rubrik ist eine Auflistung vorhandener Apps einzusehen, die keine inhaltliche Struktur (etwa nach Fächern oder Einsatzzweck) aufweist.

Wie Apps jedoch konkret ausgestaltet sind, lässt sich anhand der wenigen Informationen aus den App Stores nicht unmittelbar erkennen. Dies wurde jedoch in der Vergangenheit im Rahmen von Bestandsanalysen zu Apps aus dem Grundschulbereich analysiert. So untersuchten Highfield und Goodwin (2013) $N = 360$ Apps des englischsprachigen Apple App Stores. Die Daten belegen eine klare Dominanz an Apps mit einem instruktiven Design (74 %). Solche Apps spiegeln laut den Autorinnen ein behavioristisches Lehr-Lern-Konzept wider, erscheinen wenig geeignet zur kognitiven Aktivierung von Kindern und werden mit Drill-and-practice-Elementen in Verbindung gebracht. Darüber hinaus konnten Apps ausgemacht werden, die instruktives Design mit Möglichkeiten der Manipulation bestimmter Designelemente verbinden (11 %) bzw. ausschließlich manipulierbare Elemente enthalten ohne zu instruieren (10 %). In einer weiteren Bestandsanalyse untersuchte Larkin (2014; 2015) $N = 142$ Mathematikapps für den Grundschulunterricht dahingehend, inwiefern Inhalte des australischen Lehrplans Mathematik Grundschule adressiert werden. Er konnte zeigen, dass der Bereich *Number and Algebra* dominiert, während die anderen Bereiche (*Measurement and geometry* bzw. *Statistics and probability*) deutlich weniger häufig adressiert werden. In einem weiteren Analyseschwerpunkt wurde

untersucht, ob die Apps so angelegt sind, dass sie eher deklaratives, prozedurales, konzeptuelles oder eine Kombination verschiedener Wissenstypen ausbilden können. Während 44,4 Prozent der Apps ausschließlich deklaratives Wissen adressieren, sprechen 29,6 Prozent prozedurales Wissen und 9,9 Prozent konzeptuelles Wissen an. Weniger stark vertreten sind Apps, die verschiedene oder alle Wissensbereiche anregen (8,5 % konzeptuell und prozedural; 1,4 % konzeptuell und deklarativ; 4,9 % prozedural und deklarativ; 1,4 % alle Wissensbereiche). Diese Befunde werden durch die Untersuchung Apps von Namukasa et al. (2016) mit einem Fokus auf Apps am Übergang zwischen Grundschule und weiterführenden Schulformen gestützt, in der lediglich 4 von 80 Apps so eingeschätzt wurden, dass sie für die Ausbildung mathematischer Konzepte potenziell geeignet erscheinen.

Das Angebot an Mathematikapps in den App Stores erscheint somit unüberschaubar umfangreich und zudem wenig strukturiert zu sein. Überdies variieren geeignete Einsatzfelder unterschiedlicher Software stark. Dementsprechend bedarf es inhaltlich und pragmatisch geeigneter Orientierungshilfen für Lehrkräfte, so dass fachdidaktisch fundierte Software für den Mathematikunterricht (der Grundschule) mit überschaubarem Aufwand identifiziert werden kann.

Um Lehrkräften ein entsprechendes Werkzeug zur Orientierung anzubieten, wird die Entwicklung und Nutzung sogenannter *Kriterienkataloge* als Instrument sowohl international (u.a. Calder, 2015; Trouche et al., 2013) als auch national u.a. von Padberg und Benz (2021) gefordert:

„Ideal wäre es, wenn [...] eine Arbeitsgruppe mit **ausgewiesenen Experten** einen entsprechenden Kriterienkatalog erarbeitet und in einem „**Ratgeber**“ diesen Kriterienkatalog auf weit verbreitete Apps anwendet. So kann leicht die Spreu vom Weizen getrennt werden und im Idealfall können so viele schlecht gemachte Apps mittelfristig vom Markt verschwinden.“ (Padberg & Benz, 2021, S. 347, Hervorhebungen im Original)

Welche Kriterien zur Einschätzung herangezogen werden, hängt dabei von den Schwerpunktsetzungen der jeweiligen Autorinnen und Autoren ab. Im deutschsprachigen Raum wurden in den vergangenen Dekaden einige Kriterienkataloge entwickelt, die nachstehend skizziert werden.

Bereits seit den 1990er Jahren – etwa mittels des Projekts SODIS (Weber, 1993) – wurden bereits diverse Kriterienkataloge mit

unterschiedlichen und legitimen Schwerpunktsetzungen aus der Mathematikdidaktik heraus entwickelt. So differenziert Leuders (2019) zwischen einem fachdidaktischen, einem allgemeindidaktischen, einem technischen sowie einem methodisch-organisatorische Einsatzfeld. Mit diesen sind jeweils subsumierte Fragestellungen zur Beantwortung verbunden. Um spezifische Anforderungen einzelner Phasen des Lernprozesses zu adressieren, orientiert sich der Kriterienkatalog zur Beurteilung und Entwicklung von Arithmetik-Software von Selter (2003) an Phasen des Lernprozesses, die typischerweise durchlaufen werden (sollten). Dabei unterscheidet er einerseits zwischen phasenübergreifenden Kriterien (etwa: Können die Lernenden den Schwierigkeitsgrad der vom Computer gestellten Aufgaben selbst bestimmen?) und phasenspezifischen Kriterien (für die Phase des *Strukturierten Übens* etwa „Werden die Kinder anhand herausfordernder Aufgabenstellungen dazu angeregt, Auffälligkeiten zu entdecken, zu begründen und darzustellen?“). Becker-Mrotzek und Meißner (1994,1995) entwickelten bereits vor fast drei Dekaden eine umfangreiche ‚Bewertungsmaske‘ genuin zur Bewertung primarstufenbezogener Software. Auf sieben Seiten werden Kriterien entlang der Analyseschwerpunkte Lernform, Lernprozessessteuerung, Lernverstärkung, Motivationselemente, Flexibilität, Technische Handhabung, Begleitmaterial sowie fachdidaktische Qualität vorgegeben, die in eine Bewertungszusammenfassung münden. Platz (2019) entwickelte ein ähnlich umfangreiches ‚Entscheidungsunterstützungssystem‘ mit insgesamt 67 einzelnen Items, zu allgemeinen, didaktischen und technischen Aspekten sowie zum Design der App aus gestalterischer sowie Usability-Perspektive aus. Die Nutzung des Systems erfolgt über ein digitales Tool, in dem die Zustimmung bzw. zu den einzelnen Items (etwa „Werden verschiedene individuelle Bearbeitungs- und Lösungswege unterstützt?“) mittels eines Schieberegler erfolgt. Auf die Beantwortung der Items folgt eine computergestützte Einschätzung, ob die jeweilige App ungeeignet, eher ungeeignet, eher geeignet oder geeignet erscheint.

Neben der Möglichkeit der Verwendung von Kriterienkatalogen können überdies auch sogenannte *Leitfäden* als Instrument zur Analyse von Apps zum Einsatz kommen. Charakteristisch hierfür sind vorgegebene Analyseschritte und Fragen, die von den Nutzenden zur Bearbeitung ausgegeben werden. Dabei wird auf eine Vorgabe möglicher Antworten verzichtet, so dass das Antwortformat eher offengehalten ist. Ein solcher

Leitfaden findet sich etwa bei PIKAS digi (2020), in dem Leitfragen zur Appauswahl mit Fokus auf fachdidaktische Potenziale digitaler Medien (bspw.: „Werden in der App verschiedene Darstellungsformen angeboten und synchron abgebildet?“) und zur unterrichtlichen Rahmung (bspw.: „Welche (ergiebig) Aufgaben bieten sich für den Unterricht an?“) vorgegeben sind. Etzold et al. (2018) schlagen eine tätigkeitstheoretische Perspektive zur Einschätzung von Apps vor. Entlang der *Artifact-Centric Activity Theory* (Ladel & Kortenkamp, 2014a) wird im Rahmen von fünf nacheinander durchzuführenden Analyseschritten eine Einschätzung vorgenommen. Dabei wird zunächst nach dem mathematischen Objekt der App gefragt, bevor Interaktionsweisen von Kindern mit der App und die Entwicklung der Interaktion beleuchtet werden. Es schließt sich eine Einschätzung zur Eignung der App zur Vermittlung des Objekts an. Abschließend wird nach der konkreten Verwendung der App in Klassensituationen gefragt.

Beide Instrumente, sowohl Kriterienkataloge als auch Leitfäden, können Lehrkräfte bei der Auswahl von Apps eine hilfreiche Orientierung geben und weisen spezifische Vorzüge auf. Leitfäden können Lehrkräften hilfreiche Orientierung für die jeweils angestrebten Unterrichtsvorhaben bieten, indem konkrete Perspektiven für die unterrichtliche Einbettung bereits während der Beantwortung der Leitfragen entstehen können. Die Beantwortung der zwar strukturierten, jedoch zumeist sehr offen formulierten Leitfragen erscheint jedoch keineswegs trivial zu sein, ist nicht immer mit überschaubarem zeitlichem Aufwand möglich und die adäquate Verwendung ist von den professionellen Kompetenzen der nutzenden Lehrkräfte abgängig. Dies trifft gewiss auch auf die Verwendung von Kriterienkatalogen zu. Gleichwohl agieren diese in der Regel kleinschrittiger und können durch das Angebot begleitend bereitgestellter Kodieranweisungen mit Hilfestellungen zur Einschätzung bei Unklarheiten unterstützen. Auf der anderen Seite scheinen Kriterienkataloge eher für eine Grobauswahl an Apps aus dem gesamten Bestand geeignet zu sein.

2.2 Ein Kriterienkatalog zur Analyse von Mathematiksoftware

Um Lehrkräften eine praktikable Orientierungshilfe zur Auswahl einer passenden App anbieten zu können, die insbesondere die avisierten Lernziele und Lernprozesssegmente berücksichtigt, wird im weiteren Verlauf dieses Abschnitts ein neu entwickelter Kriterienkatalog skizziert, der in

besonderer Weise auf Oberflächenmerkmale, curriculare Ziele, die Passung zu Lernprozesssegmenten sowie das Vorhandensein fachdidaktischer Potenziale gleichsam fokussiert.

Die in Abschnitt 2.1 beschriebenen bisher verfügbaren Kriterienkataloge legen ihren Schwerpunkt zumeist auf *einzelne* der beschriebenen Bereiche. Zudem finden fachdidaktische Potenziale digitaler Medien seltener Berücksichtigung. Der hier aufgestellte Kriterienkatalog stellt den Versuch dar, kohärente Elemente vorhandener Kataloge zu integrieren und die fachdidaktischen Potenziale ausführlicher mit einzubeziehen.

Die Fokussierung auf genau diese Bereiche wird vorgenommen, da sie untrennbar mit einer hohen unterrichtspraktischen Relevanz verbunden sind. So können *Oberflächenmerkmale* zumeist die erste Kontaktstelle für Lehrkräfte bei der Auswahl von Apps sein. *Curriculare Ziele* bestimmen grundsätzlich, welche Kompetenzen im Verlauf der Grundschulzeit entwickelt werden sollen. *Lernprozesssegmente* richten den Blick auf mögliche Einsatzzwecke, indem eingeschätzt wird, für welche Lernziele eine App (un)geeignet erscheint. Letztlich bieten *fachdidaktische Potenziale* einen Orientierungsrahmen, um Anhaltspunkte zu gewinnen, inwiefern eine Software einen Beitrag zur Weiterentwicklung von Mathematikunterricht leisten kann, indem etwa neue Wege zur Erreichung curricularer Zielsetzungen geschaffen werden. Um die Handhabbarkeit des Instruments zu wahren, wurde auf die Ergänzung weiterer Kriterien verzichtet.

Obwohl die Analyse von Unterrichtssoftware durch mathematikdidaktisch versierte Akteure dazu dienen kann, gute von weniger guten Apps abzugrenzen, ist das Erstellen eines Rankings keineswegs das Anliegen des in diesem Beitrag vorgestellten Kriterienkatalogs. Das ‚Küren‘ der besten App, wie man es in App Stores üblicherweise findet, oder eine Einschätzung, ob eine App aus fachdidaktischer Perspektive per se ‚besser‘ als eine andere App ist, erscheint nicht sinnvoll, da die unterrichtlichen Lernziele bestimmen, welche Art von Unterrichtssoftware für das Erreichen dieser spezifischen Lernziele zum jeweiligen Lernprozesssegment passend sein kann. Wenn es bspw. das unterrichtliche Ziel ist, Grundvorstellungen zur Addition zu entwickeln, erscheint eine Software zum automatisierenden Üben wenig geeignet, ist damit aber nicht per se als ‚besser‘ oder ‚schlechter‘ einzustufen, da sie an anderer Stelle mit anderen Zielen durchaus ihre fachdidaktische Berechtigung haben kann.

Stattdessen ist mit dem nachfolgend vorgestellten Kriterienkatalog die Intention verbunden, mit überschaubarem zeitlichem Aufwand aus der Fülle vorhandener Apps eine fachdidaktisch fundierte *Grobauswahl* vorzunehmen. Notwendige Überlegungen zu den konkreten unterrichtlichen Umsetzungen können dadurch nicht ersetzt werden und sollten sich an die Anwendung der Kriterien etwa unter Verwendung eines o.g. Leitfadens anschließen. Für diesen Zweck werden vier Analyseschwerpunkte vorgeschlagen:

- Oberflächenmerkmale
- Inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen
- Lernprozessegmentzuordnung
- Potenziale für das Mathematiklernen

Nachfolgend werden die Bedeutungen dieser Analyseschwerpunkte skizziert und mögliche Kategorien innerhalb der Schwerpunkte offengelegt. Ein umfangreiches Kodierhandbuch, das detaillierte Beschreibungen und Erklärungen der Kategorien, die zugehörigen Codes sowie Ankerbeispiele als Kodierungshilfe liefert, ist als Nachschlagewerk im Anhang dieses Beitrags zu finden.

Oberflächenmerkmale

Bevor eine App überhaupt (im Unterricht oder in informellen Settings) genutzt wird, werden erste Informationen über die Software bereitgestellt – Informationen, die zwar kaum fachdidaktisch geprägt sind, jedoch erheblichen Einfluss auf eine potenzielle Nutzung im Unterricht haben können. So kann der *Preis* einer App die Nutzung in der Praxis ausschließen, da vielerorts lediglich kostenfreie Apps auf schulischen Tablets installiert werden können/dürfen. Die *Plattform*, auf der die App verfügbar ist, bestimmt, ob nur Klassen mit Tablets bestimmter Betriebssysteme Zugriff haben können. Darüber hinaus können auch die Anzahl bisheriger *Downloads* sowie die *Anzahl der Bewertungen* und die *Bewertung* selbst Einfluss auf die Entscheidung hinsichtlich einer Nutzung haben, wenngleich Bewertungen in den App Stores häufig kaum tiefgehende fachdidaktische Aspekte adressieren und auch aus anderen Gründen eher wenig als Einschätzungskriterium geeignet erscheinen (Klinger & Walter, 2022).

Neben obigen Oberflächenmerkmalen, die objektiv auf der Grundlage reportierter Fakten der App Stores beruhen, können Oberflächenmerkmale auch auf der Grundlage qualitativer Interpretationen wahrgenommen werden. So kann bereits die Betrachtung der beispielgebenden Screenshots Aufschluss darüber geben, ob die App dem didaktischen Primat der *Reduzierung auf das Wesentliche* (Krauthausen, 2012) folgt – oder Mathematik in einer ‚bunte Hülle‘, einem Abenteuer, einem Spiel, also verbunden mit lernpsychologisch als störend erwiesenen *seductive details* (Sundararajan & Adesope, 2020) verpackt wird, während hingegen kohärent gestaltete multimediale Lernumgebungen, die auf für den mathematischen Lernprozess irrelevante gestalterische Zusätze verzichten als lernförderlich charakterisiert werden (Mayer, 2005). Die Frage ist somit, ob der mathematische Kern im primären Arbeitsfokus steht. In dieses Feld fallen auch sachfremde *Belohnungsmechanismen*, wenn sie übermäßig stark in den Apps enthalten sind, und vom eigentlichen Inhalt mehr ablenken als den Lernprozess unterstützen.

Dementsprechend werden Oberflächenmerkmale von Apps entlang der Kategorien *Preis, Plattform, Downloads, Anzahl und Höhe der Bewertungen* sowie *Reduzierung auf das Wesentliche, Belohnungsmechanismen* und *Klassenstufe* vorgeschlagen.

Inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen

Der Mathematikunterricht in der Grundschule soll zum Erwerb grundlegender mathematischer Kompetenzen beitragen. Die curricularen Ziele der kürzlich veröffentlichten Bildungsstandards (KMK, 2022) umfassen einerseits Kenntnisse zu den inhaltsbezogenen Kompetenzbereichen *Zahlen und Operationen, Raum und Form, Größen und Messen, Daten und Zufall* sowie *Muster, Strukturen, funktionaler Zusammenhang*, der aufgrund seiner Beziehungen zu den anderen Inhaltsbereichen eine übergeordnete Bedeutung einnimmt. Andererseits unterscheiden die Bildungsstandards u.a. diese prozessbezogenen Kompetenzbereiche: *mathematisch argumentieren, Probleme mathematisch lösen, mathematisch darstellen, mathematisch kommunizieren* sowie *mathematisch modellieren*.

Um einschätzen zu können, ob solche normativ festgelegten curricularen Zielsetzungen durch den Einsatz einer Software prinzipiell erreichbar erscheinen, müssen die Apps auf Bezüge zu den jeweiligen Kompetenzbereichen untersucht werden. Dementsprechend werden als Kategorien die

einzelnen inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen vorgeschlagen. Dadurch wird analysiert, ob Schnittstellen zwischen curricularen Zielen und der fachdidaktischen Ausgestaltung einer App auszumachen sind.

Lernprozessesegmentzuordnung

Die Analyse von Apps hinsichtlich ihrer Bezüge zu inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen liefert alleine jedoch wenig Aufschluss dahingehend, in welchem Lernprozessesegment eine App günstigerweise eingesetzt werden sollte bzw. in welchem Lernprozessesegment die in einer App vorgeschlagenen Aufgaben üblicherweise einzuordnen sind. Eine etablierte Struktur zur Zuordnung von (mathematischen) Lernaktivitäten in Segmente stellt die Übungsmatrix der Konzeption des ‚Produktiven Übens‘ dar (Wittmann, 1992; Winter, 1984). Das ‚Üben‘ im Mathematikunterricht wird dabei in vier verschiedene Übungsformen untergliedert, die sich einerseits aus dem *Grad der Strukturierung* (strukturierte oder unstrukturierte Aufgaben) und andererseits der *Grad der Abstraktion* (formale oder gestützte Darstellung) ergeben. Die daraus abzuleitenden Übungen gestalten sich wie folgt (Primakom-Team, o. J.):

- *Aufbau von Grundvorstellungen:* Ein Indikator für die Zuordnung von Aktivitäten in dieses Segment ist das Vorhandensein von Aktivitäten ohne Strukturzusammenhang, die gestützte (etwa enaktive und ikonische) Darstellungen nutzen. Somit wird gestützt-unstrukturiert geübt.
- *Einsichten in Strukturen und Beziehungen:* Aktivitäten sind diesem Segment zuzuordnen, sofern gestützte Darstellungen in einem Strukturzusammenhang stehen (etwa die Berechnung von Entdeckerpäckchen unter Verwendung von Wendeplättchen). Dementsprechend wird gestützt-strukturiert geübt.
- *Aktive Auseinandersetzung mit beziehungsreichen Aufgaben:* Aufgaben sind diesem Segment dann zuzuordnen, wenn Aufgaben mit Strukturzusammenhang vorliegen, bei denen lediglich auf formale Darstellungen zurückgegriffen wird (bspw. Entdeckerpäckchen ausschließlich mit numerischen Zahldarstellungen). Es wird formal-strukturiert geübt.
- *Sicherung und Geläufigkeit:* Aufgaben werden diesem abschließenden Segment zugeordnet, sofern sie ohne Strukturzusammenhang auf formaler Darstellungsebene gestellt sind. Es findet formal-unstrukturiertes Üben statt.

Die Übungsmatrix gewährt einen differenzierten Blick auf verschiedene mathematische Tätigkeiten. Es werden Übungsformen beschrieben, die von einem Erstkontakt mit neuen Inhalten bis hin zur Schulung der Geläufigkeit am Ende des Lernprozesses reichen. Daher sind sie als Analyse-kategorien geeignet, indem die in Apps vorzufindenden Aufgaben ein-geordnet werden. Dadurch kann erfasst werden, welche Übungsformen in den untersuchten digitalen Lernangeboten potentiell adressiert werden.

Idealtypisch – auch wenn unterrichtlich nicht immer realisierbar – sollten Lernprozesse so angelegt sein, dass eine Vielfalt obiger Übungsformen Berücksichtigung findet. Gewiss wird eine App nicht dann als geeignet angesehen, wenn sie möglichst viele Übungsformen abbildet. Eine fachdidaktisch adäquate Fokussierung auf einzelne Lernprozess-segmente erscheint ebenso legitim. Ob das derzeitige App-Angebot für den Mathematikunterricht der Grundschule jedoch überhaupt eine Vielfalt an Übungsformen adressiert, kann bislang nicht auf der Basis empirischer Studien eingeschätzt werden. Lediglich wird vielfach die Vermutung geäußert, dass der Großteil der Unterrichtssoftwares eher für die abschließende Phase des Lernprozesses geeignet erscheint (Käpnick & Benölken, 2020).

Potenziale digitaler Medien für das Mathematiklernen

Ein vierter Analyseschwerpunkt besteht in der Berücksichtigung von Potenzialen digitaler Medien für das Mathematiklernen. Um die Möglichkeiten digitaler Medien nutzbar zu machen, erscheint es wesentlich, dass ein digitales Endgerät keineswegs als reine „Doubletten-Maschine“ (Krauthausen & Lorenz, 2011, S. 163) Anwendung finden darf. So sollte eine App spezifische Chancen der digitalen Umgebung nutzen und über eine bloße digitale Form einer papierenen Entsprechung möglichst hinausgehen. Es sollten Potenziale digitaler Medien in den Apps implementiert werden, die durch eine passende unterrichtliche Einbettung ausgeschöpft werden können.

Dementsprechend erfolgt eine Differenzierung zwischen zwei Arten von Potenzialen digitaler Medien: (1) unterrichtsorganisatorische Potenziale und (2) mathematikdidaktische Potenziale (Walter, 2018). Während sich aus mathematikdidaktischen Potenzialen in besonderer Weise Lernchancen genuin für das Fach Mathematik ableiten lassen, sind unterrichtsorganisatorische Potenziale fachunspezifisch angelegt. In der

medienpädagogischen Diskussion werden vielfach drei Potenziale genannt, die daher als Kategorien genutzt werden können:

- *Unbegrenzter Materialvorrat*
- *Komfortable Dokumentation von Bearbeitungen*
- *Unbegrenzter Vorrat an Aufgaben*

Obige Potenziale mögen zwar Beiträge zur Lösung einiger (vornehmlich unterrichtsorganisatorischer) Probleme im Unterrichtsalltag leisten, erscheinen jedoch keineswegs hinreichend dafür, den Einsatz digitaler Medien aus mathematikdidaktischer Perspektive zu stützen. Hierzu sind eher mathematikdidaktische Potenziale (ausführlich beschrieben in Walter (2018) sowie Rink und Walter (2020)) geeignet:

- *Passung zwischen Handlung und mentaler Operation:* Digitale Medien können so gestaltet sein, dass die Handlungen an den virtuellen Materialien mit den intendierten mentalen Vorstellungsbildern in Einklang gebracht werden und dadurch der Aufbau mentaler Vorstellungsbilder unterstützt wird (Thompson, 1992).
- *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen:* Digitale Medien können enaktive, ikonische und symbolische Darstellungen so aufeinander beziehen, dass Änderungen einer Darstellung automatisch Änderungen der anderen Darstellungen nach sich ziehen und so die Verwobenheit von Darstellungen aufzeigen (Reinhold et al., i. Dr.).
- *Strukturierungshilfen:* Digitale Medien können Objekte automatisch oder auf Anfrage strukturieren und dadurch zur Entwicklung eines ‚Struktursinns‘ beitragen (Walter, 2018).
- *Auslagerungsprinzip:* Durch digitale Medien können Lernende Routinetätigkeiten auslagern und sich zur Ausbildung prozessbezogener Kompetenzen reichhaltigen Aktivitäten widmen (Krauthausen & Lorenz, 2011).
- *Multitouch-Technologie:* Durch die gleichzeitige Interaktion mit mehreren Objekten kann bspw. die Entwicklung kardinaler Zahlvorstellungen angeregt werden (Ladel & Kortenkamp, 2014b).
- *Informative Rückmeldungen:* Digitale Medien können durch die Bereitstellung von automatisierten und zugleich informativen, d.h. prozessorientierten Rückmeldungen, Impulse zur individuellen und konstruktiven Weiterarbeit setzen und dadurch mehr als lediglich produktorientierte Rückmeldungen offerieren.

Die Implementation von Potenzialen digitaler Medien kann und wird in diesem Beitrag als ein Indikator für eine fachdidaktisch adäquate App angesehen. Inwiefern die einzelnen Potenziale jedoch überhaupt im Angebot der App Stores berücksichtigt wurden, ist kaum untersucht. Daher werden die skizzierten unterrichtsorganisatorischen und vor allem mathematikdidaktischen Potenziale digitaler Medien als Analysekatoren in den Kriterienkatalog aufgenommen.

3. Fragestellungen und Vorgehensweise

3.1 Fragestellungen

Im weiteren Verlauf des Beitrags soll eruiert werden, inwiefern sowohl die Praxis als auch die Forschung von einer Analyse des Bestandes gängiger Mathematikapps entlang der skizzierten Analyseschwerpunkte profitieren kann. Die folgenden vier Fragestellungen stehen dabei im Zentrum der Überlegungen:

- (1) Welches Bild ergibt sich neben den aus den Stores reportierten Fakten auch aus den vorgenommenen Einstufungen der analysierten Apps zu den weiteren Oberflächenmerkmalen?
- (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?

3.2 Wissenschaftliche Vorgehensweise

Entlang obiger Analyseschwerpunkte wurden solche Apps analysiert, die für Tablets nach Eingabe des Wortpaars „Mathe Grundschule“ von den Suchalgorithmen der App Stores vorgeschlagen werden. Diese beiden Begriffe wurden gewählt, da sie als Standardsuchbegriffe etwa von Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern oder deren Eltern bei der Suche nach einer Unterrichtssoftware für den Mathematikunterricht der Grundschule genutzt werden könnten. Es sei einschränkend darauf hingewiesen, dass andere Wortkombinationen oder Wortreihenfolgen natürlich andere Suchergebnisse generieren können. Zudem scheinen die von unterschiedlichen Nutzenden verwendeten Endgeräte bei Eingabe derselben Suchbegriffe zu differierenden Suchergebnissen zu führen, ebenso

erneute Suchanfragen mit relativ kleinem zeitlichem Abstand. In den App Stores wird der faktische ‚intelligente‘ Suchalgorithmus nicht transparent gemacht.

Insgesamt wurde eine Schnittmenge mehrfacher Suchen im August 2022 als Analyseliste generiert, welche $N = 227$ Apps enthält. Dabei wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Stattdessen kann die hier dargestellte Bestandsanalyse Grundlage für zukünftig fortzuschreibende Analysen sein (siehe Abschnitt 5.1).

Die Autoren dieses Beitrags haben die Analyse der 227 Apps in je 27 Kategorien gemäß eines Kodierhandbuchs (siehe Anhang) zunächst unabhängig voneinander vorgenommen. Insgesamt war dies mit insgesamt 6.129 Merkmalsentscheidungen je Rater verbunden. Im Anschluss wurden die Einschätzungen zu den Apps abgeglichen. Nach der Beseitigung offensichtlicher Eingabefehler (z.B. 0 und 1 im Kodiersystem verwechselt) bleiben 65 Merkmalsentscheidungen (1,06 %), bei denen zwischen den beiden Autoren eine Einschätzungsdifferenz besteht. Neben Einzelfällen sind dies je zehn Einschätzungen zu *Kommunizieren* und Argumentieren, je sechs zu *Problemlösen* als theoretischer Kompetenzbezug durch den adäquaten Einsatz der Apps im Unterricht und acht Einschätzungen zu *Reduzierung auf das Wesentliche*, die dann in der Regel an der Einschätzung des Grades der begleitenden Animationen, Töne und Gestaltungen festzumachen sind. Das aus dem Ratingprozess resultierende Cohen's Kappa ($\kappa = 0.975$) deutet auf eine nahezu ideale Interkoderreliabilität (Landis & Koch, 1977).

Zur Beantwortung der Fragestellung 1 (Welches Bild ergibt sich neben den aus den Stores reportierten Fakten auch aus den vorgenommenen Einstufungen der analysierten Apps zu den weiteren Oberflächenmerkmalen?) dienen die in den App Stores frei verfügbaren Daten hinsichtlich der Kategorien *Preis*, *Downloads*, *Anzahl Bewertungen* sowie *Bewertung* als Grundlage. In der Kategorie *Reduzierung auf das Wesentliche* wurde eine dichotome Entscheidung getroffen, ob dieses Kriterium erfüllt oder nicht erfüllt ist, Belohnungsmechanismen wurden trichotom erfasst (nicht gegeben/ nur zusammenfassend/ nach jeder Aufgabe).

Um die Fragestellung 2 (Welche curricular gesetzten Ziele werden im derzeit verfügbaren Bestand an Unterrichtssoftware adressiert?) zu beantworten, wurden die Apps dahingehend analysiert, ob und welche der

einzelnen inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzbereiche sie adressieren. Bezüge zu einem inhaltsbezogenen Kompetenzbereich wurden dann als vorhanden angesehen, wenn mindestens eine Aktivität bzw. ein Aufgabenmodul dazu vorliegt. Analog wurden Bezüge zu einer prozessbezogenen Kompetenz dann als gegeben angesehen, wenn die in den Apps zu findenden Aufgaben mit einer prozessbezogenen Kompetenz in Verbindung stehen. Sollte eine entsprechende Aufgabenstellung nicht in der App zu finden sein, wurde zudem analysiert, ob Bezüge zu prozessbezogenen Kompetenzen durch externe (etwa von der unterrichtenden Lehrkraft formulierte) Aufgabenstellungen naheliegenderweise hergestellt werden könnten.

Zur Beantwortung der Fragestellung 3 (Für welche Phasen des Lernprozesses scheinen Unterrichtssoftwares geeignet zu sein?) wurde in einem ersten Schritt untersucht, in welchen Apps Aufgaben vorgegeben werden. Diese wurden im Anschluss in die Lernprozesssegmente eingeordnet. Ein Lernprozesssegment galt dann in einer App als berücksichtigt, wenn mindestens eine Aktivität oder Aufgabenmodul hierzu vorzufinden ist.

Die Beantwortung der Fragestellung 4 (Inwieweit sind in Unterrichtssoftwares unterrichtsorganisatorische und fachdidaktische Potenziale digitaler Medien implementiert?) erforderte die Analyse der Apps hinsichtlich der Berücksichtigung unterrichtsorganisatorischer und mathematikdidaktischer Potenziale digitaler Medien. Ein Potenzial wurde dann als implementiert eingestuft, wenn die Umsetzung mindestens einmal beobachtet werden konnte.

4. Ergebnisse

Entlang der in Abschnitt 3.1 aufgeworfenen Fragestellungen werden ausgewählte Ergebnisse der Bestandsanalyse zu 227 Apps nachfolgend erörtert. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse kann auf der Projektwebseite mapps.de eingesehen werden.

Oberflächenmerkmale

Bezogen auf die aus den reportierten Fakten gewonnenen Daten lässt sich feststellen, dass 56 Prozent der Apps nur im Apple App Store verfügbar sind, 21 Prozent nur im Android Play Store, 23 Prozent jedoch in

beiden Stores. 35 Prozent der Apps sind kostenlos, der Rest kostenpflichtig. Zahlen zu Downloads und Bewertungsanzahlen/ -quoten streuen quer über alle Analysekategorien und erzeugen keine aussagekräftigen Befunde im Sinne der vorliegenden Fragestellungen.

Dagegen bieten die vorgenommenen Einschätzungen zu den Kategorien *Reduzierung auf das Wesentliche*, *Belohnungsmechanismen* und *Klassenstufe* erste aufschlussreiche Informationen. So zeigen 140 der 227 Apps (62 %) der analysierten Apps für das Lernen irrelevante oder gar störende, ablenkende Gestaltungsmerkmale wie Einkleidungen in Geschichten oder überbordende visuelle oder auditive Gestaltungen. Dafür werden 87 der 227 Apps (38 %) 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 in Form von Punkten, Animationen oder Sonstigem vorhanden sind, weitere 17 Prozent der Apps enthalten diese nach einem ‚Aufgabensatz‘ – also einer Aufgabenserie, etwa auf einer App-Seite oder in einem Übungsdurchgang. Bei nur 14 Prozent der Apps ist aus Sicht des Autorenteams kein Belohnungsmechanismus erkennbar. Als dominant im Bereich der Einschätzung, für welche Klassenstufe die jeweilige App aufgrund ihrer Inhalte curricular geeignet sein könnte, zeigt sich die Kategorie *Klasse 1 und/oder 2*, der 54 Prozent der Apps zugewiesen werden. 15 Prozent erscheinen eher für die Kategorie *Klasse 3 und/oder 4* einordbar, dagegen bieten 27 Prozent der Apps Inhalte für die gesamte Grundschulzeit und wurden als *Komplettpaket* eingestuft. Obwohl in den Stores mit ‚Grundschule‘ konnotiert oder sogar so bezeichnet, wurden 8 Apps (4 Prozent) der *Vorschule* zugeordnet, eine App der *Sekundarstufe*.

Inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen

Bezogen auf die adressierten inhaltsbezogenen Kompetenzen lässt sich feststellen, dass 93 Prozent der Apps zumindest eine Aufgabe des Inhaltsbereichs *Zahlen und Operationen* aufweisen. Demgegenüber ist dies bei 21 Prozent für den Bereich *Raum und Form*, bei 7 Prozent für den Bereich *Muster, Strukturen und funktionaler Zusammenhang* bei 20 Prozent für den Bereich *Größen und Messen* sowie bei 3 Prozent für den Bereich *Daten und Zufall* der Fall. 74 Prozent der analysierten Apps weisen dabei einen Bezug zu einer einzigen inhaltsbezogenen Kompetenz auf, 10 Prozent zu zwei dieser Kompetenzen, 16 Prozent zu drei oder mehr inhaltsbezogenen Kompetenzen.

Hinsichtlich der Berücksichtigung prozessbezogener Kompetenzen ist folgendes Bild festzuhalten: 223 der 227 analysierten Apps weisen keinerlei explizite Bezüge zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen in den vorliegenden Aufgabenstellungen auf. Jedoch können durch geeignete Aufgabenstellungen durch die unterrichtende Lehrkraft bei 12 Prozent der Apps *mathematisch argumentieren* und *mathematisch kommunizieren*, bei 11 Prozent *mathematisch darstellen*, bei 8 Prozent *Probleme mathematisch lösen* und bei einer einzigen App *mathematisch modellieren* adressiert werden. 28 der 227 analysierten Apps sprechen dabei mehr als eine prozessbezogene Kompetenz implizit an.

Die Daten zeigen somit zweierlei: Zum einen scheint – wie auch bei Larkin (2014; 2015) sowie Highfield und Goodwin (2013) – eine klare Dominanz an Apps mit dem inhaltsbezogenen Schwerpunkt *Zahlen und Operationen* vorzuliegen, während die anderen inhaltsbezogenen Kompetenzbereiche merklich seltener Gegenstand von Mathematikapps sind. Zum anderen wird die Förderung prozessbezogener Kompetenzen allenfalls vereinzelt in den durch die App vorgeschlagenen Aufgabenstellungen explizit vorgesehen. Bei einigen Apps können jedoch bei passender unterrichtlicher Rahmung durch die Lehrkraft auch prozessbezogene Kompetenzen gefördert werden, wenngleich dies nicht durch die App expliziert ist.

Lernprozesselemente

Bei denjenigen Apps mit vorgegebenen Aufgaben wurde untersucht, inwieweit die in der Übungsmatrix beschriebenen Übungsformen berücksichtigt wurden. Von den insgesamt 227 Apps geben 193 Apps (85 %) ausschließlich Aufgaben vor, während 19 Apps (8 %) neben Bereichen zur freien Manipulation von Darstellungen auch Aufgaben vorgeben. 15 Apps (7 %) geben keine Aufgaben vor.

50 Prozent aller Apps weisen zumindest eine *gestützt-unstrukturierte* Übungssequenz auf, während bei 6 Prozent mindestens eine *gestützt-strukturierte* Übungssequenz festzustellen ist. Ferner weisen 5 Prozent zumindest eine *formal-strukturierte* Übungssequenz auf. Vergleichsweise am häufigsten sind *formal-unstrukturierte* Übungsformen zu finden. Dies konnte bei 81 Prozent der Apps festgestellt werden.

Somit ist der Großteil der Mathematikapps für die Grundschule eher *unstrukturiert* angelegt und erscheint vornehmlich entweder für die Phase des *Aufbaus von Grundvorstellungen* oder für die Phase der *Sicherung*

und Geläufigkeit geeignet zu sein. *Strukturierte* Übungsformen sind hingegen allenfalls vereinzelt vertreten, so dass es ein überschaubares Angebot für die Phasen, in denen einerseits *Einsichten in Strukturen und Beziehungen* und andererseits die *aktive Auseinandersetzung mit beziehungsreichen Aufgaben* im Fokus stehen, vorliegt.

Potenziale digitaler Medien für das Mathematiklernen

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 %). Die *Komfortable Dokumentation von Bearbeitungen* (4 %) sowie *Unbegrenzter Materialvorrat* (12 %) sind demgegenüber seltener festzustellen.

Die für das fachliche Lernen bedeutende(re)n *mathematikdidaktischen Potenziale* sind hingegen vergleichsweise weniger stark vertreten. 79 Prozent der Apps weisen keines der in Abschnitt 2.2 vorgestellten mathematikdidaktischen Potenziale auf. Diese Apps können vornehmlich als digitale Dubletten bestehender Lernmaterialien (u.a. Arbeitsmittel, Arbeitsblätter) angesehen werden. Ferner lassen sich in 10 Prozent der Apps das Potenzial *Passung zwischen Handlung und mentaler Operation* erkennen, in 11 Prozent die *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen*, in 14 Prozent *Strukturierungshilfen*, in 7 Prozent das *Auslagerungsprinzip*, in 7 Prozent die *Multitouch-Technologie* sowie in 7 Prozent das Potenzial *Informative Rückmeldungen*.

Dementsprechend ist hinsichtlich des Vorhandenseins von Potenzialen digitaler Medien in Mathematikapps ein weitgehendes Fehlen *mathematikdidaktischer Potenziale* bei stärkerer Beachtung *unterrichtsorganisatorischer Potenziale* festzustellen.

5. Kritische Diskussion

5.1 Konsequenzen für Praxis und Forschung

Aus der Verwendung des entwickelten Kriterienkataloges sowie den daraus resultierenden Ergebnissen der Bestandsanalyse können Konsequenzen abgeleitet werden – sowohl für die Praxis des Mathematikunterrichts als auch für die mathematikdidaktische Forschung.

Konsequenzen für die Praxis

Kriterienkataloge können Lehrkräften hilfreiche Orientierungen bei der Analyse von Software bieten (Namukasa et al., 2016). Ohne eine auf fachdidaktischen Kriterien fußende Analyse von Apps besteht die Gefahr einer unreflektierten und einseitig auf Oberflächenmerkmalen ausgerichteten Auswahl an Apps, die häufig zu kaum adäquat erscheinenden Apps führen wird.

Der in diesem Beitrag vorgestellte *Kriterienkatalog* richtet den Blick dabei neben Oberflächenmerkmalen vor allem auf curriculare Ziele, Lernprozesselemente und Potenziale digitaler Medien. Somit bilden die Kriterien zentrale Aspekte ab, die für die Unterrichtsplanung geeignet sind, da Lehrkräfte angeleitet werden, sich über die inhaltlichen Anliegen einer Software und die Verortung der App im Lernprozess bewusst zu werden. Um die Verwendung digitaler Dubletten bestehender Lernmaterialien zu reduzieren, wird zudem die Analyse fachdidaktischer Potenziale angeregt. Damit bildet der Kriterienkatalog wesentliche Kriterien ab, wenngleich darüber hinaus noch weitere bedeutende Kriterien explizit zur Analyse hinzugezogen werden könnten, die gegenwärtig eher implizit enthalten sind. So fließen bspw. die vielfach zitierten medienpsychologischen Kriterien (bspw., nach Mayer, 2005) in das Kriterium *Reduzierung aufs Wesentliche* ein. Um den bereits umfassenden Kriterienkatalog nicht noch umfangreicher und damit weniger praktikabel werden zu lassen, wurde im Beispiel auf eine Ausdifferenzierung der Mayer'schen Kriterien verzichtet.

Die Ergebnisse der erfolgten *Bestandsanalyse* können Lehrkräften zunächst einen Überblick über die am Markt verfügbaren Apps geben. Beispielsweise kann sie Bewusstheit darüber schaffen, dass Lehrkräfte, wenn sie etwa auf der Suche nach Apps zum Fertigkeitstraining sind, gute Chancen haben werden, ein entsprechendes Angebot zu finden. Die Befunde können Lehrkräften hingegen auch vergegenwärtigen, dass das Aufspüren von Apps zur Auseinandersetzung mit reichhaltigen Aufgaben sowie zur Analyse von Beziehungen und Strukturen derzeit (noch) vereinzelt mit Erfolg verbunden sein wird.

Vor dem Hintergrund der Befunde können ins Auge gefasste Apps mittels der aufgestellten Kriterien analysiert und Einsatz(un)möglichkeiten abgeleitet werden. Insofern sind die Forschungsbefunde gleichsam auch

mit unterrichtspraktischer Relevanz verbunden, wenngleich sie weiterführende Überlegungen zur konkreten unterrichtlichen Rahmung der Software selbstverständlich nicht ersetzen können. Das Anlegen der Kriterien an Apps kann als ein erster Schritt, eine Grobauswahl, auf dem Weg zum Einsatz einer App für den eigenen Unterricht aufgefasst werden.

Alle 227 Apps, die unter dem Suchwortpaar „Mathe Grundschule“ im August 2022 erfasst wurde, sind in einer Datenbank erfasst worden, die auf mapps.de zur Verfügung steht. Ebenso kann dort für jede dieser Apps das Analyseergebnis, das diesem Beitrag zugrunde liegt, eingesehen werden. Zudem kann entlang der Kriterien aus diesem App-Bestand eine Filterung vorgenommen werden, indem einzelne Kriterien ausgewählt werden und die Datenbank diejenigen Apps ausgibt, welche die entsprechenden Kriterien erfüllen. Diese gezielte Suchfunktion können die App Stores nicht im Ansatz leisten. Lehrkräfte können somit direkt auf bereits vorliegende Analyseergebnisse zugreifen und aus dem umfassenden Bestand mit wenigen Klicks diejenigen Apps aufspüren, die für das Unterrichtsvorhaben potenziell geeignet sein könnten. Im Nachgang können sie diese Apps einer eigenen Detailanalyse – reflektiv mit dem hier bereitgestellten Kategoriensystem, oder erweitert etwa mittels eines Leitfadens (siehe Abschnitt 2) – unterziehen. Sie müssen somit nicht erst den gesamten App Store durchkämmen – ein zeitlich wie inhaltlich nicht in pragmatischer Weise zu leistendes Unterfangen –, sondern erhalten eine mathematikdidaktisch begründete Grobauswahl vorgegeben. Ferner sind in der Datenbank zu jeder App die Analysen – und perspektivisch auch Beschreibungen – einsehbar, die von Lehrkräften eingesehen und mit eigenen Einschätzungen abgeglichen werden können.

Aufgrund des dynamischen Entwicklungsgeschehens rund um den Einsatz digitaler Medien ist davon auszugehen, dass der Bestand an Apps in Zukunft umfangreicher wird. Zudem werden Apps regelmäßig verändert bzw. durch neue Funktionalitäten erweitert. Dies macht das Ergänzen von Apps in den Befunden bzw. der Datenbank und zudem die Aktualisierung bestehender Analysen erforderlich. Perspektivisch soll sich zudem der Datenbestand der App-Datenbank verschieben, weg vom eher groben Suchfilter „Mathe Grundschule“, hin zu einer Sammlung von für den Mathematikunterricht der Grundschule fachdidaktisch tragfähigen Apps. Eine weitere Analyse des Bestandes mittels induktiver Kategori-

enbildung ist geplant, um App-Typen wie (prognostiziert) „Rechentruainer“ oder „Experimentierumgebungen“ und andere herauszubilden, und diese App-Kategorien wiederum den Lehrkräften als weiteres Filterelement zugänglich zu machen.

Bei der Analyse von Apps handelt es sich um eine mathematikdidaktische Gemeinschaftsaufgabe, der sich unter anderem (angehende und praktizierende) Lehrkräfte, Fachleitende, Fortbildende sowie Forschende gleichermaßen widmen sollten. Im Projekt ist somit keine punktuelle Bestandsaufnahme des App Stores sinnvoll, sondern eine fortlaufende Systematisierung.

Um die Qualität der Einschätzungen in der Datenbank sowie dessen Pflege zu sichern und gleichsam alle oben genannten Akteure einzubeziehen, erscheint das nachstehende Vorgehen plausibel: In einem ersten Schritt können Apps von jeglichen Akteuren mittels Kurzeinschätzungen entlang der Kriterien gemeldet werden. Diese werden in einem zweiten Schritt, einer ‚Filterphase‘ von spezifisch geschultem Personal gesichtet und wenn nötig überarbeitet. In einem abschließenden dritten Schritt erfolgt die finale Absicherung durch die Autoren. Die verständigende Zusammenführung von Akteuren, die die oben skizzierten Schritte prägen und die Datenbank als Anlaufstelle zur Auswahl von Apps nutzen, wird dabei als regelmäßiges Arbeitspaket angesehen, um die Nutzung der Datenbank mit den Bedarfen der Zielgruppe in Einklang zu bringen. Auf diese Weise kann eine sich am Primat der Fachdidaktik orientierte Anlaufstelle für das Aufspüren mathematikdidaktisch gehaltvoller Apps installiert werden.

Konsequenzen für die Forschung

Auf der Seite der Forschung liefert die auf dem entwickelten Kriterienkatalog basierende Bestandsanalyse wertvolle Hinweise für notwendige Entwicklungsarbeit. Es konnte belegt werden, dass eine Dominanz spezifischer Inhaltsbereiche (v.a. ‚Zahlen und Operationen‘) vorliegen. Diese Befunde stehen im Einklang mit bisher durchgeführten Bestandsanalysen englischsprachiger App Stores (siehe Abschnitt 3.1). Allerdings waren bisherige Befunde aufgrund unterschiedlicher Curricula in den Ländern nicht oder nur eingeschränkt auf die Situation in den deutschsprachigen App Stores übertragbar. Die vorliegende Bestandsanalyse liefert ein umfassendes Bild zu curricularen Bezügen von Mathematikapps, auf

die Grundschul Kinder hierzulande üblicherweise stoßen werden. Dementsprechend ist offenkundig, dass Entwicklungsbedarf zu den weiteren inhaltsbezogenen Kompetenzbereichen besteht.

Das umfangreiche Angebot zum Kompetenzbereich ‚Zahlen und Operationen‘ bedeutet jedoch noch nicht, dass dieses Angebot einerseits auch prozessbezogene Kompetenzen und andererseits die unterschiedlichen Lernprozessegmente berücksichtigt. Es konnte gezeigt werden, dass vor allem explizite Bezüge zu prozessbezogenen Kompetenzen über die Inhaltsbereiche hinweg im Rahmen der Appentwicklung weitgehend vernachlässigt wurden und es dementsprechend großen Entwicklungsbedarf in diesem Bereich gibt. Ebenso verhält es sich mit dem Angebot strukturierter Übungsformen, so dass vermehrt digitale Lernangebote entstehen, die eine aktive Auseinandersetzung mit beziehungsreichen Aufgaben erfolgen sowie Einsichten in Strukturen und Beziehungen digital gestützt gewonnen werden können.

Letztlich sollten auch die Berücksichtigung fachdidaktischer Potenziale in künftigen Appentwicklungen deutlich stärker adressiert werden. Natürlich gilt bezogen auf die Implementation mathematikdidaktischer Potenziale digitaler Medien auch keineswegs, dass ‚viel auch stets viel hilft‘. Beim Vorhandensein mehrerer Potenziale sind auch nicht automatisch höhere Lernerfolge bei Lernenden zu erwarten. Es lassen sich zahlreiche Apps finden, die lediglich einzelne Potenziale aufweisen, jedoch bei lernstandsadäquatem Einsatz uneingeschränkt zu empfehlen sind. Gleichwohl können erkennbar eingearbeitete fachdidaktische Potenziale digitaler Medien als ein Indikator für eine fachdidaktisch adäquate App angesehen werden. Zukünftige Softwareentwicklungen sollten die beschriebenen Lücken füllen.

Neben Konsequenzen bezogen auf erfasste Entwicklungsbedarfe, erscheinen weiterführende Analysen zur weiteren Strukturierung der Bestandsanalyse nötig zu sein. Dies kann mittels einer *Clusteranalyse* – wie etwa von Larkin und Milford (2018) durchgeführt – vorgenommen werden. Verbindende Elemente einzelner Apps können identifiziert werden, so dass die Gesamtheit des Appangebots auf überschaubar viele App-Cluster mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten reduziert wird. Einsatzmöglichkeiten der für die einzelnen Cluster typischen Apps können erfasst und voneinander abgegrenzt werden, so dass ein Beitrag zur unterrichtlichen Koordination von Apps verschiedener Cluster geleistet wird.

5.2 Limitationen und weiterführende Fragestellungen

In diesem Beitrag wurde gezeigt, welche Kriterien zur Analyse von Apps herangezogen werden können, wie Apps vor dem Hintergrund curricularer Ziele derzeit ausgestaltet sind, für welche Einsatzzwecke sie geeignet sein könnten und welche mathematikdidaktischen Potenziale vorhanden sind. Das Vorhandensein bestimmter Inhalte und Potenziale kann als eine notwendige Bedingung gelingenden digital gestützten Mathematikunterrichts angesehen werden. Sie ist allein jedoch nicht hinreichend. Wie die in den Apps innewohnenden Potenziale jedoch unterrichtlich gerahmt, damit ausgeschöpft werden und unterrichtlich wirksam sind, kann durch die vorliegende Analyse nicht gezeigt werden.

Aus methodischer Sicht sei erwähnt, dass die Bestandsanalyse auf qualitativen Einschätzungen der Autoren dieses Beitrags fußt. Solche Einschätzungen sind gewiss subjektiv. Die Analyse durch weitere Mathematikdidaktikerinnen und Mathematikdidaktiker kann – selbst bei der Verwendung des Kodierhandbuchs – zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Allerdings ist eine hochgradige Kohärenz mit einer Einschätzungsabweichung von nur 5,3% zwischen den Autoren dieses Beitrags festzustellen (siehe Abschnitt 3.). Gleichwohl waren unter den Autoren mehrfache Ausschärfungsgespräche zu einzelnen Begrifflichkeiten (bspw.: Wann ist die Passung zwischen Handlung und mentaler Operation gegeben?) notwendig. Mathematikdidaktisch tätige Personen mit anderen Erfahrungshintergründen würden ggf. anders urteilen. Aus diesem Grund wird weiterhin vorgeschlagen (wie in Abschnitt 5.1 erläutert), die Analyse von Apps mehrperspektivisch anzulegen mit dem Ziel, fachdidaktische Expertise sicherzustellen.

Letztlich wurden die Apps etwa dahingehend untersucht, *ob* die in den Bildungsstandards formulierten Kompetenzbereiche überhaupt Berücksichtigung finden. So wurde die Berücksichtigung eines Kompetenzbereichs dann als gegeben angesehen, wenn mindestens eine Aktivität oder ein Aufgabenmodul in einer App vorlagen. Diese Analyse liefert jedoch keine Hinweise dahingehend, *in welchem Umfang* oder *in welcher Qualität* die Inhalte jeweils adressiert werden. So wurde in einigen Apps etwa festgestellt, dass sowohl Kompetenzen der Inhaltsbereiche *Zahlen und Operationen* als auch *Raum und Form* angerissen werden, wobei weit mehr Lernangebote zu *Zahlen und Operationen* festzustellen waren.

6. Literaturverzeichnis

- Becker-Mrotzek, M., & Meißner, H. (1994). *Forschungsprojekt Computer-Lernprogramme in der Grundschule*. Abschlußbericht.
- Becker-Mrotzek, M., & Meißner, H. (1995). Kriterien für die Bewertung von Computer-Lernprogrammen. *Grundschule*, Heft 10, 13–15.
- Calder, N. (2015). Apps: Appropriate, Applicable, and Appealing? In T. Lowrie & R. Jorgensen (Hrsg.), *Digital Games and Mathematics Learning* (Bd. 4, S. 233–250). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9517-3_12
- 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. <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. Bordini (Hrsg.), *Proceedings of the 36th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (S. 378–385). MERGA.
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Käpnick, F., & Benölken, R. (2020). *Mathematiklernen in der Grundschule*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60872-2>
- Klinger, M., & Walter, D. (2022). How users review frequently used apps and videos containing mathematics. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 29(1), 25–35. https://doi.org/10.1564/tme_v29.1.0
- KMK – Kultusministerkonferenz (2016). *Bildung in der digitalen Welt*. <https://www.kmk.org/presse/pressearchiv/mitteilung/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html> [14.03.2023].
- 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 [14.03.2023].
- 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. (2020). Tablets ante portas – Innovation oder/und Déjà-vu. In B. Brandt, L. K. Bröll, & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule II - Aktuelle Trends in Forschung und Praxis* (S. 40–59). Waxmann.
- 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. (2014a). Tätigkeitsorientiert zu einem flexiblen Verständnis von Stellenwerten – Ein Ansatz aus Sicht der Artefact-Centric Activity Theory. In S. Ladel, & C. Schreiber (Hrsg.), *Von Audiopodcast bis Zahlensinn* (S. 151–176). WTM-Verlag.
<https://doi.org/10.37626/GA9783942197632.0.08>
- Ladel, S., & Kortenkamp, U. (2014b). 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.
- Landis, J.R., & Koch, G.G. (1977) The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- 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. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9517-3_13
- Larkin, K., & Milford, T. (2018). Mathematics Apps—Stormy with the Weather Clearing: Using Cluster Analysis to Enhance App Use in Mathematics Classrooms. In N. Calder, K. Larkin, & N. Sinclair (Hrsg.), *Using Mobile Technologies in the Teaching and Learning of Mathematics* (Bd. 12, S. 11–30). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90179-4_2
- 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. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24292-3_16
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 31–48). Cambridge University Press.
- Moyer-Packenham, P. S., & Westenskow, A. (2016). Revisiting the Effects and Affordances of Virtual Manipulatives for Mathematics Learning. In K. Terry & A. Cheney (Hrsg.), *Utilizing Virtual and Personal Learning Environments for Optimal Learning*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8847-6>
- Namukasa, I. K., Gadanidis, G., Sarina, V., Scucuglia, S., & Arye, K. (2016). Selection of Apps for Teaching Difficult Mathematics Topics: An Instrument to Evaluate Touch-Screen Tablet and Smartphone Mathematics Apps. In P. S. Moyer-Packenham (Hrsg.), *International Perspectives on Teaching and*

- Learning Mathematics with Virtual Manipulatives* (S. 275–300). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32718-1_12
- Padberg, F., & Benz, C. (2021). *Didaktik der Arithmetik* (5., überarbeitete Auflage). Springer Spektrum.
- 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 (2020). *PIKAS digi*. Abgerufen von <https://www.pikas-digi.dzlm.de> [14.03.2023].
- 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. <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.
- Primakom-Team (o. J.). *Primakom*. Abgerufen von <https://primakom.dzlm.de/übergreifendes/prinzipien/gestütztes-üben/hintergrund#> [14.03.2023].
- 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). Springer.
- Rink, R., & Walter, D. (2020). *Digitale Medien im Matheunterricht – Ideen für die Grundschule*. Cornelsen.
- Schipper, W. (1986). Grundschulmathematik: Vom Abacus zum Computer? *Grundschule*, 18(4), 20–24.
- Schwippert, K., Kasper, D., Köller, O., McElvany, N., Selter, C., Steffensky, M., & Wendt, H. (Hrsg.). (2020). TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830993193>
- Selter, C. (2003). Fachdidaktische Kriterien zur Analyse von Arithmetik-Software. In E. Brinkmann, H. Brügelmann, & A. Backhaus (Hrsg.), *Selbstständiges Lernen und Individualisierung „von unten“, Alte und neue Medien als Herausforderung und Hilfe für die Grundschule* (S. 131–136). DEP.
- 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>
- Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2013). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on K–12 students' mathematical learning. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 970–987. <https://doi.org/10.1037/a0032447>

- 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.
- Trouche, L., Drijvers, P., Gueudet, G., & Sacristán, A. I. (2012). Technology-Driven Developments and Policy Implications for Mathematics Education. In M. A. Clements, A. J. Bishop, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung (Hrsg.), *Third International Handbook of Mathematics Education* (S. 753–789). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4684-2_24
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps*. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19067-5>
- Weber, W. (1993). Wie finde ich die Richtige? *Computer Bildung*, H. 4/1991, 30–35.
- 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.

Notation:

- Walter, D. & Schwätzer, U. (2023). Mathematikapps für die Grundschule analysieren. *Zeitschrift für Mathematik in Forschung und Praxis*, Nr. 4, <https://doi.org/10.48648/yhp7-0g75>

7. Anhang: Mapps.de Kodierhandbuch

| Analyseschwerpunkt ‚Oberflächenmerkmale‘ | | | |
|--|------|-------------------|---|
| <i>Kodierungen zu den reportierten Fakten können direkt aus den in den App Stores verfügbaren Daten abgelesen werden.</i> | | | |
| Kategorie: PR – Preis Bei kostenlosen ‚Light‘- oder ‚Teaser‘-Apps, bei den für funktionsfähige Inhalte In-App-Käufe, Vollversionen oder Abonnements notwendig sind, werden die für die Vollversionen notwendigen Preise kodiert. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | - | Gratis | - |
| 1 | - | bis 1,00 € | - |
| 2 | - | 1,01 € bis 5,00 € | - |
| 3 | - | mehr als 5,00 € | Autorennen Kinder Spiele Mathe (Mapps-ID A123) (↗App-Store) Diese eigentlich kostenlose App ist laut Beschreibung nur eine 3-tägige kostenlose Testversion, danach stehen monatlich, vierteljährlich oder jährlich automatisch erneuerte Abonnements zu Preisen zwischen 2,99 EUR und 119,99 EUR zur Verfügung, ohne die nicht weitergearbeitet werden kann. |
| Kategorie: PL – Plattform | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| AP | - | Apple | - |
| AN | - | Android | - |
| AA | - | Apple & Android | - |

| Kategorien: DwAp – Downloadzahlen Apple BAAp – Bewertungsanzahl Apple BewAp – Bewertungsschnitt Apple DwAn – Downloadzahlen Android BAAAn – Bewertungsanzahl Android BewAn – Bewertungsschnitt Android | | | |
|--|----------------|--|--|
| Kode: Abgelesener numerischer Wert | | | |
| Kategorie: Afg – vorgegebene Aufgaben Es kann unterschieden werden, in welcher Form die Aufgabenstellung(en) in der App erfolgen. Zum einen sind Apps zu finden, die ausschließlich die zu lösenden Aufgaben vorgeben, wie etwa in Apps, die ausschließlich zum Rechentraining konzipiert sind. Jedoch sind auch Apps vorhanden, die ein reines digitales Arbeitsmittel darstellen, zu denen – wie bei analogen Arbeitsmitteln auch – begleitend Aufgaben gestellt werden müssen. In Untermodulen von Apps können jedoch auch beide obigen Varianten berücksichtigt worden sein. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nur Aufgaben | Die App gibt ausschließlich zu lösende Aufgaben vor. | Plus und minus trainieren (Mapps-ID A095) (↗ App-Store) Diese App gibt Aufgaben für ein Rechentraining von Plus- und Minusaufgaben wahlweise im Zahlenraum von 0-10 oder von 0-20 vor. Eigene Aufgaben können nicht eingegeben/ dargestellt/ überprüft werden. |
| 1 | teils/ teils | Die App gibt Aufgaben vor und enthält Bereiche, in denen Aufgaben begleitend gestellt werden müssen. | Lehrer Lämpel: Addition (Mapps-ID A199) (↗ App-Store) Diese App dient zur Übung der schriftlichen Addition. In der App können sowohl beliebige eigene schriftliche Additionsaufgaben bis zu 6 Stellen eingegeben und gelöst werden, als auch vorgegebenen Aufgaben von einem digital implementierten ‚Arbeitsblatt‘ übernommen werden. |
| 2 | Keine Aufgaben | Die App enthält keinerlei Aufgaben. Alle Aufgaben müssen begleitend gestellt werden. | Zahlenfeld (Mapps-ID A031) (↗ App-Store) Diese App präsentiert sich als digitales Arbeitsmittel. Es können Mengen strukturiert in den Zahlbereichen 10, 20, 100 und 1000 in verschiedenen Varianten dargestellt werden. Welche Zahlen am jeweiligen Zahlenfeld dargestellt werden, gibt die App dabei nicht vor. |

| <i>Kodierungen zu allen nachfolgenden Kategorien erfordern eine qualitative Einschätzung</i> | | | |
|---|-----------------|--|--|
| <p>Kategorie: RW – Reduzierung auf das Wesentliche Das didaktische Primat der Reduzierung auf das Wesentliche bedeutet einen Verzicht auf gestalterische Zusätze, die für den mathematischen Lerninhalt irrelevant sind. Präsentiert sich die App als ‚bunte Hülle‘, als Abenteuer, als Spiel oder ähnlich, und überlagern diese <i>seductive details</i>, die für den Lerngegenstand irrelevant sind (wie fachunspezifische visuelle und/oder auditive Effekte), den Fokus auf mathematisches Arbeiten, so wird die App als ‚nicht auf das Wesentliche reduziert‘ eingeschätzt. Steht der verkörperte mathematische Kern im primären Arbeitsfokus, wird die App als ‚auf das Wesentliche reduziert‘ kodiert. Geringgradige Illustrationen o.ä. sind dabei zu tolerieren, wenn sie den Arbeitsfokus nicht stören.</p> | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht reduziert | Die App ist nicht auf das Wesentliche reduziert. | König der Mathematik (Mapps-ID A004) (↗App-Store) Zwar sind mathematische Inhalte erkennbar (Rechenttraining), es steht jedoch deutlich der Spiel-Charakter der App im Vordergrund: Als Belohnung für korrekte Rechnungen werden ‚Sterne‘ vergeben, so dass der ‚Rang‘ der Spielfigur verbessert wird auf dem Weg, der ‚König der Mathematik‘ zu werden. Dazu spielt permanent Hintergrundmusik. Der Lerngegenstand wird von irrelevanten Gestaltungsmerkmalen überdeckt. |
| 1 | Reduziert | Die App ist auf das Wesentliche reduziert. | Rechnen 1 (Mapps-ID A005) (↗App-Store) In der App werden Rechenaufgaben im Zahlenraum bis 20 symbolisch und ikonisch dargestellt. Die App ist auf das Wesentliche reduziert, da in der App auf Einkleidungen, Animationen oder irrelevante grafische Ausgestaltungen verzichtet wird. Der mathematische Inhalt tritt ebenso wie der Arbeitsfokus „Rechenttraining“ direkt und deutlich hervor. Die irrelevante Abbildung eines Hundes unter dem ‚Test‘-Icon kann hierbei als geringgradig angesehen werden. |

| <p>Kategorie: BM – Belohnungsmechanismen</p> <p>Mit automatischen computergestützten Rückmeldungen sind vielfach auch Belohnungsmechanismen verbunden. Diese gehen über bloße Rückmeldungen insofern hinaus, indem korrekt gelöste Aufgaben auf verschiedene Weisen, etwa durch die Vergabe von ‚Goodies‘, wie Punkte, Sterne, Taler oder Ähnlichem. Aber auch App-Reaktionen wie animierte Figuren, heiteren Töne oder Videoeinspielungen können als Belohnungsmechanismus gesehen werden. Belohnungsmechanismen stellen somit positive Verstärkungen zu korrekt gelösten Aufgaben dar. Die Wirkung solcher Belohnungsmechanismen kann aus wissenschaftlicher Sicht durchaus hinterfragt werden.</p> | | | |
|--|-----------------|---|--|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Jede | Jede korrekt gelöste Aufgabe wird mit einer Belohnung in Form von Punkten, Animationen, Tönen oder Sonstigem honoriert. | Werbefreie Mathe-App Kekula (Mapps-ID A170) (↗App-Store) Nach jeder richtig gerechneten Aufgabe erhält man einen Taler in Form einer anwachsenden Talerreihe. Nach 20 gerechneten Aufgaben wird ein Übungsdurchgang beendet. Es erscheint eine Animation der hierbei gesammelten Taler verbunden mit der positiven Rückmeldung „Super, du hast [Anz.] Taler gesammelt!“. |
| 1 | Zusammenfassend | Es erfolgt ausschließlich eine zusammenfassende Belohnung, z.B. nach einem Aufgabensatz, in vorgenannter Form. | Das Einmaleins IQ (Mapps-ID A082) (↗App-Store) Nach jeder gerechneten Aufgabe erfolgt eine kurze Rückmeldung (rot = falsch; grün = richtig). Nach 10 richtigen Antworten erscheint ein animierter Stern mit dem Kommentar „Super! Sie werden immer besser!“ |
| 2 | Kein | Es ist kein Belohnungsmechanismus erkennbar. | 1x1 Math Trainer (Mapps-ID A037) (↗App-Store) Auch hier erscheint nach jeder gerechneten Aufgabe eine kurze Rückmeldung (rot = falsch; grün = richtig). Jedoch erfolgt auch nach Durchgang eines Aufgabensatzes (Anzahl abhängig von zum Lernen ausgewählten Einmaleins-Sätzen) keine Belohnung, sondern eine Übersicht aller richtig/ falsch gerechneten Aufgaben erscheint. Zwar werden hier auch ‚Punkte‘ (für die Rechengeschwindigkeit) eingeblendet, jedoch ohne weitere Erläuterung, so dass es sich hier eher um eine Rückmeldung als eine Belohnung handelt. |

| Kategorie: KL – Klassenstufe | | | |
|--|----------------|---|---|
| Es wird geprüft, in welcher/n Klassenstufe/n die in einer App aufbereiteten Inhalte üblicherweise curricular verankert sind. In Apps, die mehrere Inhaltsbereiche anbieten, die aber in einzelnen Bereichen dann das eigentlich curriculare Feld über- oder unterschreiten, wird nach dem erkennbaren Schwerpunkt kodiert. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| V | Vor- schule | App-Inhalte adressieren den vorschulischen Bereich. Elementarer Zahlenraum häufig nur bis bis 6/ bis 12, darin mitunter elementare Operationen (Zählen, Zusammenfügen, Wegnehmen, Vergleichen). | Blitzrechnen 0 (Mapps-ID A020) (↗App-Store) Es werden vorschulcurricular-typische elementare Übungseinheiten im Zahlenraum bis 6/ bis 12 angeboten, zum Erfassen, zum Zuordnen, zum Vergleichen und zum Verändern von Mengen, sowie zur Zahlenreihe. |
| 12 | Kl. 1/2 | App-Inhalte adressieren Lerninhalten aus Klasse 1 und/oder Klasse 2. Zahlenraum bis 20/ bis 100, darin Addition und Subtraktion, in Klasse 2 kleines Einmaleins. | Blitzrechnen 2 (Mapps-ID A022) (↗App-Store) Aufgaben curricular verankert im 2. Schuljahr im Zahlenraum bis 100 zur Anzahlerfassung, Operationen Ergänzen, Verdoppeln und Halbieren, Plus- und Minusaufgaben, Zehnerzahlen zerlegen, Einmaleins |
| 34 | Kl. 3/4 | App-Inhalte adressieren Lerninhalten aus Klasse 3 und/oder Klasse 4. Zahlenraum bis 1.000 und darüber, großes Einmaleins. | Blitzrechnen 3 (Mapps-ID A023) (↗App-Store) Aufgaben curricular verankert im 3. Schuljahr im Zahlenraum bis 1.000 zur Anzahlerfassung, Operationen Ergänzen, Verdoppeln und Halbieren, Plus- und Minusaufgaben, Einmaleins mit Umkehraufgaben, Zehnerinmaleins |

| Kategorie: KL – Klassenstufe (Fortsetzung) | | | |
|--|---------------|--|--|
| K | Komplettpaket | App-Inhalte adressieren Lerninhalten aus mehr als zwei Klassenstufen. Stufenübergreifende Angebote. | Das Zahlenbuch (Mappsa-ID A103) (↗App-Store) Innerhalb der App können Bereiche für jeweils einer der Klassenstufen 1 bis 4 freigeschaltet werden, die dann ähnliche Inhalte wie die vorgenannten Blitzrechnen-Apps aufweisen. |
| S | SEK | Apps enthalten Inhalten wie Winkelgrößen oder Bruchrechnen, die der Sekundarstufe I zuzuordnen sind, jedoch dennoch nach Eingabe des Wortpaares „Mathe Grundschule“ ausgegeben werden. | Lehrer Lämpel: Bruchrechnung (Mappsa-ID A198) (↗App-Store) Curricular adressiert werden die Addition und Subtraktion von Brüchen, kein Thema der Grundschule. |
| | | | |

| Analyseschwerpunkt ‚Lernprozessesegmente‘ | | | |
|--|----------------|--|--|
| <p>Kategorie: Afg – vorgegebene Aufgaben</p> <p>Es kann unterschieden werden, in welcher Form die Aufgabenstellung(en) in der App erfolgen. Zum einen sind Apps zu finden, die ausschließlich die zu lösenden Aufgaben vorgeben, wie etwa in Apps, die ausschließlich zum Rechenstraining konzipiert sind. Jedoch sind auch Apps vorhanden, die ein reines digitales Arbeitsmittel darstellen, zu denen – wie bei analogen Arbeitsmitteln auch – begleitend Aufgaben gestellt werden müssen. In Untermodulen von Apps können jedoch auch beide obigen Varianten berücksichtigt worden sein.</p> | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nur Aufgaben | Die App gibt ausschließlich zu lösende Aufgaben vor. | Plus und minus trainieren (Mapps-ID A095) (↗App-Store) Diese App gibt Aufgaben für ein Rechenstraining von Plus- und Minusaufgaben wahlweise im Zahlenraum von 0-10 oder von 0-20 vor. Eigene Aufgaben können nicht eingegeben/ dargestellt/ überprüft werden. |
| 1 | Teils/ teils | Die App gibt Aufgaben vor und enthält Bereiche, in denen Aufgaben begleitend gestellt werden müssen. | Lehrer Lämpel: Addition (Mapps-ID A199) (↗App-Store) Diese App dient zur Übung der schriftlichen Addition. In der App können sowohl beliebige eigene schriftliche Additionsaufgaben bis zu 6 Stellen eingegeben und gelöst werden, als auch vorgegebenen Aufgaben von einem digital implementierten ‚Arbeitsblatt‘ übernommen werden. |
| 2 | Keine Aufgaben | Die App enthält keinerlei Aufgaben. Alle Aufgaben müssen begleitend gestellt werden. | Zahlenfeld (Mapps-ID A031) (↗App-Store) Diese App präsentiert sich als digitales Arbeitsmittel. Es können Mengen strukturiert in den Zahlbereichen 10, 20, 100 und 1000 in verschiedenen Varianten dargestellt werden. Welche Zahlen am jeweiligen Zahlenfeld dargestellt werden, gibt die App dabei nicht vor. |

| Kategorien „Lernprozesselemente“ | | | |
|---|-----------------|---|--|
| Für den Fall, dass Aufgaben vorliegen, werden diese in die Übungsformen der Übungsmatrix des produktiven Übens eingeordnet. Für eine Kodierung, dass eine Übungsform durch die App adressiert wird, muss die Übungsform nicht im Fokus der App stehen, sondern lediglich mindestens einmal enthalten sein. Das ‚Üben‘ im Mathematikunterricht wird dabei in vier verschiedene Übungsformen untergliedert. Diese sind verschiedenen Phasen eines Lernprozesses zuzuordnen. | | | |
| Kategorie: GU – gestützt-unstrukturiertes Üben Aufgaben ohne Strukturzusammenhang, enaktive oder ikonisch dargestellt, dienen dem Aufbau von Grundvorstellungen, einführendes Lernsegment. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, die/ das der Übungsform gestützt-unstrukturiertes Üben zugeordnet werden kann. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, die/ das der Übungsform gestützt-unstrukturiertes Üben zugeordnet werden kann. | Richtig rechnen 2 (Mappsa-ID A060) (↗App-Store) In der Übung „Leichtere Übungsaufgaben Zahlen bis 100 Zahlen am Hunderterfeld“ werden (zufällige) Zahlen ikonisch als strukturiertes Punktmuster in Hunderterfeld-Ausschnitten angezeigt, die symbolische Notation der Zahl muss zugeordnet werden. Die Aufgabe erscheint daher für den Aufbau von Grundvorstellungen geeignet zu sein und kann dem einführenden Lernsegment zugeordnet werden. |
| NA | Nicht möglich | Die App stellt keine Aufgaben, daher ist eine Zuordnung zu Übungsformen nicht möglich. | - |

| Kategorie: GS – gestützt-strukturiertes Üben | | | |
|--|-----------------|---|--|
| Aufgaben mit Strukturzusammenhang (Bsp. Entdeckerpäckchen), enaktive oder ikonisch dargestellt, dienen der Einsicht in mathematische Zusammenhänge, zweites Lernsegment. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, die/ das der Übungsform gestützt-strukturiertes Üben zugeordnet werden kann. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, die/ das der Übungsform gestützt-strukturiertes Üben zugeordnet werden kann. | Richtig rechnen 2 (Mapps-ID A060) (↗App-Store) In der Übung „Leichtere Übungsaufgaben + / - im Kopf Ähnliche Aufgaben“ werden zunächst ‚einfache‘ Aufgaben (unter 10, Bsp. 6+2) am Zwanzigerfeld ikonisch und daneben symbolisch dargestellt und sollen gelöst werden, dann folgt eine Analogieaufgaben, bei der ein Summand um 10 größer ist (Bsp. 16+2), ebenfalls in beiden Darstellungsformen. Die beiden jeweils gestützt dargestellten Aufgaben stehen also in einem strukturellen Zusammenhang, der beim Lösen genutzt werden kann. Die Aufgabe dient der Einsicht in mathematische Zusammenhänge und kann daher dem zweite Lernsegment zugeordnet werden. |
| NA | Nicht möglich | Die App stellt keine Aufgaben, daher ist eine Zuordnung zu Übungsformen nicht möglich. | - |
| | | | |

| Kategorie: FS – formal-strukturiertes Üben Aufgaben mit Strukturzusammenhang, rein symbolisch dargestellt, dienen der Einsichten in mathematische Beziehungen, drittes Lernsegment. | | | |
|--|-----------------|---|--|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, die/ das der Übungsform formal-strukturiertes Üben zugeordnet werden kann. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, die/ das der Übungsform formal-strukturiertes Üben zugeordnet werden kann. | Richtig rechnen 2 (Mapps-ID A060) (↗App-Store) Bei „Übungsaufgaben + / - im Kopf Ähnliche Aufgaben“ handelt es sich um die Variante der zuvor beschriebenen Übungsform, jedoch ohne ikonisch Darstellung. Die App agiert rein auf der symbolischen Ebene. Sie dient der Einsicht in mathematische Beziehungen und kann somit dem dritten Lernsegment zugeordnet werden. |
| NA | Nicht möglich | Die App stellt keine Aufgaben, daher ist eine Zuordnung zu Übungsformen nicht möglich. | - |
| | | | |

| Kategorie: FU – formal-unstrukturiertes Üben Aufgaben ohne Strukturzusammenhang, symbolische Darstellungsebene, dienen der Automatisierung, abschließendes Lernsegment. | | | |
|--|-----------------|---|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, die/ das der Übungsform formal-unstrukturiertes Üben zugeordnet werden kann. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, die/ das der Übungsform formal-unstrukturiertes Üben zugeordnet werden kann. | Richtig rechnen 2 (Mapps-ID A060) (↗App-Store) Die Übung „Übungsaufgaben Rechnen bis 100 Einmaleins üben“ präsentiert zufällig generierte Aufgaben des kleinen Einmaleins und des kleinen Einsdurchs ohne Strukturzusammenhang in rein symbolischer Form. Sie dient der Automatisierung und kann daher dem abschließendes Lernsegment zugeordnet werden. |
| NA | Nicht möglich | Die App stellt keine Aufgaben, daher ist eine Zuordnung zu Übungsformen nicht möglich. | - |
| | | | |

| Analyseschwerpunkt ‚Inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen‘ | | | |
|--|-----------------|--|---|
| Kategorien ‚Inhaltsbezogenen Kompetenzen‘ | | | |
| Es wird geprüft, ob eine App Bezüge zu den inhaltsbezogenen Kompetenzbereichen der KMK-Bildungsstandards von 2022 (Zahlen und Operationen, Raum und Form, Größen und Messen, Daten und Zufall sowie Muster, Strukturen und funktionaler Zusammenhang) aufweist. Auf eine dezidierte Beschreibung der Kompetenzbereiche wird hier verzichtet. Eine App kann je nach Ausgestaltung Bezüge zu mehreren inhaltsbezogenen Kompetenzbereichen aufweisen. Für die Kodierung muss der Kompetenzbereich in der App nicht im Fokus stehen, sondern lediglich mindestens einmal enthalten sein. | | | |
| Kategorie: ZO – Inhaltsbezogener Kompetenzbereich ‚Zahlen und Operationen‘. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Zahlen und Operationen‘ auf. | - |
| 1 | Enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Zahlen und Operationen‘ auf. | Conni Rechnen 1-100 (Mapps-ID A066) (↗ App-Store) Die App enthält (sogar ausschließlich) arithmetische Inhalte: Zahlen 1-100 (Zahldarstellung in Zehner und Einer), Plus- und Minusaufgaben bis 20, 50 oder 100, sowie Aufgaben zum kleinen Einmaleins. Sie adressiert erkennbar den Kompetenzbereich ‚Zahlen und Operationen‘. |
| | | | |

| Kategorie: RF – Inhaltsbezogener Kompetenzbereich ‚Raum und Form‘. | | | |
|--|-----------------|---|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Raum und Form‘ auf. | - |
| 1 | Enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Raum und Form‘ auf. | Conni Mathe 2. Klasse (Mapps-ID A001) (↗App-Store) Wenngleich andere Inhalte im Vordergrund stehen, so ist ein Aufgabenmodul vorhanden, das dem Kompetenzbereich ‚Raum und Form‘ zuzuordnen wäre: In der Übung „Geometrie“ ist die Anzahl von Bananenkisten (Würfelgebäude in Schrägbildansicht mit zum Teil nicht sichtbaren Elementen) kopfgeometrisch zu ermitteln. |
| Kategorie: MS – Inhaltsbezogener Kompetenzbereich ‚Muster, Strukturen, funktionaler Zusammenhang‘. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Muster, Strukturen, funktionaler Zusammenhang‘ auf. | - |
| 1 | Enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Muster, Strukturen, funktionaler Zusammenhang‘ auf. | Felia legt Fliesen (Mapps-ID A053) (↗App-Store) Geometrisch betrachtet handelt es sich bei der App um Aufgaben zur Parkettierung der Ebene. Allerdings sollen diese regelhaft eingefärbt werden, sodass (strukturierte) Muster entstehen. Sie ist somit auch dem Kompetenzbereich <i>Muster, Strukturen, funktionaler Zusammenhang</i> zuzuordnen. |

| Kategorie: GM – Inhaltsbezogener Kompetenzbereich ‚Größen und Messen‘. | | | |
|--|-----------------|---|--|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Größen und Messen‘ auf. | - |
| 1 | Enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Größen und Messen‘ auf. | Conni Mathe 2. Klasse (Mapps-ID A001) (↗App-Store) Wenngleich andere Inhalte im Vordergrund stehen, so ist ein Aufgabenmodul „Zeit“ vorhanden, in der Uhrzeiten in Analog- und Digitaldarstellung zugeordnet werden sollen, dies entspricht dem Kompetenzbereich ‚Größen und Messen‘. |
| Kategorie: DZ – Inhaltsbezogener Kompetenzbereich ‚Daten und Zufall‘. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Daten und Zufall‘ auf. | - |
| 1 | Enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Daten und Zufall‘ auf. | Mathe-Lernspiele für Kinder 1 (Mapps-ID A091) (↗App-Store) Diese App für das erste Schuljahr enthält eine Unteraufgabe, die mit „Lieblingsfrucht“ bezeichnet ist. In einer Reihe liegen per Zufallsprinzip verschiedene Früchte. Die Anzahl dieser Früchte sollen nach Sorten bestimmt und in eine Tabelle eingetragen werden. Erkennbar ist somit der Kompetenzbereich ‚Daten und Zufall‘. |

Kategorien „Prozessbezogenen Kompetenzen“

Es wird geprüft, ob eine App Bezüge zu aus den KMK-Bildungsstandards von 2022 entlehnten prozessbezogenen Kompetenzbereichen (*Problemlösen, Kommunizieren, Argumentieren, Modellieren* und *Darstellen*) aufweist. Auf eine dezidierte Beschreibung der Kompetenzbereiche wird hier verzichtet. Eine App kann je nach Ausgestaltung Bezüge zu mehreren prozessbezogenen Kompetenzbereichen aufweisen.

Für die Kodierung muss der Kompetenzbereich in der App nicht im Fokus stehen, sondern lediglich mindestens einmal enthalten sein.

Bei der Kodierung werden drei Fälle unterschieden: Es ist denkbar, dass in der App explizite Impulse oder Anregungen zu einem prozessbezogenen Kompetenzbereich vorliegen (etwa für den Kompetenzbereich „Argumentieren“ falls Lernende zum Begründen ihrer Vorgehensweisen angeregt/aufgefordert werden; für den Kompetenzbereich „Darstellen“, falls Lernende die Verwobenheit von Darstellungen untersuchen sollen). Zudem können diese expliziten Impulse fehlen, aber die Art der Aufgabenstellung ist so arrangiert, dass Impulse oder Anregungen zu einem prozessbezogenen Kompetenzbereich implizit durch die Lehrkraft hergestellt werden können. Schließlich kann eine App aber auch weder explizite noch implizite erkennbaren Bezüge zu Kompetenzbereichen aufweisen.

| Kategorie: P – Prozessbezogener Kompetenzbereich ‚Problemlösen‘. | | | |
|--|--------------------|--|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Problemlösen‘ auf. | - |
| 1 | Implizit enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Problemlösen‘ auf. Bezüge können aber etwa durch Impulse und Aufgabenstellungen einer Lehrkraft hergestellt werden. | Rechendreieck (Mapps-ID A010) (↗App-Store) In der App werden keine Aufgaben gestellt. Es sind ebenso keine expliziten Bezüge zu prozessbezogenen Kompetenzen innerhalb der App formuliert. Jedoch wird schon im Begleittext der App darauf hingewiesen, dass sich „gut problemstrukturierte Übungen bearbeiten“ lassen, was die prozessbezogene Kompetenz <i>Problemlösen</i> implizit adressiert. Die App eignet sich aber auch als digitales Arbeitsmittel, um Problemlöseprozesse darzustellen und mit anderen Kindern darüber zu sprechen, Rechenwege zu vergleichen und zu bewerten. Damit werden auch implizit <i>Darstellen</i> , <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> bei geeigneter unterrichtlicher Rahmung angesprochen. |
| 2 | Explizit enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Problemlösen‘ auf. | Sachrechnen 2.0 (Mapps-ID A013) (↗App-Store) Diese App stellt Problemaufgaben in Sachkontexten vor, die explizit in Modellierungsprozessen gelöst werden sollen. Damit sind die Kompetenzbereiche <i>Problemlösen</i> sowie <i>Modellieren</i> erkennbar adressiert. |

| Kategorie: K – Prozessbezogener Kompetenzbereich ‚Kommunizieren‘. | | | |
|---|--------------------|---|--|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Kommunizieren‘ auf. | - |
| 1 | Implizit enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Kommunizieren‘ auf. Bezüge können aber etwa durch Impulse und Aufgabenstellungen einer Lehrkraft hergestellt werden. | Rechendreieck (Mapps-ID A010) (↗App-Store) In der App werden keine Aufgaben gestellt. Es sind ebenso keine expliziten Bezüge zu prozessbezogenen Kompetenzen innerhalb der App formuliert. Jedoch wird schon im Begleittext der App darauf hingewiesen, dass sich „gut problemstrukturierte Übungen bearbeiten“ lassen, was die prozessbezogene Kompetenz <i>Problemlösen</i> implizit adressiert. Die App eignet sich aber auch als digitales Arbeitsmittel, um Problemlöseprozesse darzustellen und mit anderen Kindern darüber zu sprechen, Rechenwege zu vergleichen und zu bewerten. Damit werden auch implizit <i>Darstellen</i> , <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> bei geeigneter unterrichtlicher <i>Rahmung</i> angesprochen. |
| 2 | Explizit enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Kommunizieren‘ auf. | Für die explizite Nutzung der prozessbezogenen Kompetenzen <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> wurde kein Beispiel in der Mapps-Datenbank identifiziert. |
| | | | |

| Kategorie: A – Prozessbezogener Kompetenzbereich ‚Argumentieren‘. | | | |
|---|--------------------|---|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Argumentieren‘ auf. | - |
| 1 | Implizit enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Argumentieren‘ auf. Bezüge können aber etwa durch Impulse und Aufgabenstellungen einer Lehrkraft hergestellt werden. | Rechendreieck (Mapps-ID A010) (↗App-Store) In der App werden keine Aufgaben gestellt. Es sind ebenso keine expliziten Bezüge zu prozessbezogenen Kompetenzen innerhalb der App formuliert. Jedoch wird schon im Begleittext der App darauf hingewiesen, dass sich „gut problemstrukturierte Übungen bearbeiten“ lassen, was die prozessbezogene Kompetenz <i>Problemlösen</i> implizit adressiert. Die App eignet sich aber auch als digitales Arbeitsmittel, um Problemlöseprozesse darzustellen und mit anderen Kindern darüber zu sprechen, Rechenwege zu vergleichen und zu bewerten. Damit werden auch implizit <i>Darstellen</i> , <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> bei geeigneter unterrichtlicher Rahmung angesprochen. |
| 2 | Explizit enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Argumentieren‘ auf. | Für die explizite Nutzung der prozessbezogenen Kompetenzen <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> wurde kein Beispiel in der Mapps-Datenbank identifiziert. |
| | | | |

| Kategorie: M – Prozessbezogener Kompetenzbereich ‚Modellieren‘ | | | |
|--|--------------------|---|--|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Modellieren‘ auf. | - |
| 1 | Implizit enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Modellieren‘ auf. Bezüge können aber etwa durch Impulse und Aufgabenstellungen einer Lehrkraft hergestellt werden. | Für die implizite Nutzung der prozessbezogenen Kompetenz <i>Modellieren</i> wurde kein Beispiel in der Mapps-Datenbank identifiziert. |
| 2 | Explizit enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Modellieren‘ auf. | Sachrechnen 2.0 (Mapps-ID A013) (↗ App-Store) Diese App stellt Problemaufgaben in Sachkontexten vor, die explizit in Modellierungsprozessen gelöst werden sollen. Damit sind die Kompetenzbereiche <i>Problemlösen</i> sowie <i>Modellieren</i> erkennbar adressiert. |
| | | | |

| Kategorie: D – Prozessbezogener Kompetenzbereich ‚Darstellen‘. | | | |
|--|--------------------|--|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Darstellen‘ auf. | - |
| 1 | Implizit enthalten | Die App weist keine Bezüge zum Kompetenzbereich ‚Darstellen‘ auf. Bezüge können aber etwa durch Impulse und Aufgabenstellungen einer Lehrkraft hergestellt werden. | Rechendreieck (Mapps-ID A010) (↗App-Store) In der App werden keine Aufgaben gestellt. Es sind ebenso keine expliziten Bezüge zu prozessbezogenen Kompetenzen innerhalb der App formuliert. Jedoch wird schon im Begleittext der App darauf hingewiesen, dass sich „gut problemstrukturierte Übungen bearbeiten“ lassen, was die prozessbezogene Kompetenz <i>Problemlösen</i> implizit adressiert. Die App eignet sich aber auch als digitales Arbeitsmittel, um Problemlöseprozesse darzustellen und mit anderen Kindern darüber zu sprechen, Rechenwege zu vergleichen und zu bewerten. Damit werden auch implizit <i>Darstellen</i> , <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> bei geeigneter unterrichtlicher Rahmung angesprochen. |
| 2 | Explizit enthalten | Die App weist mindestens einmal Bezüge zu Kompetenzbereich ‚Darstellen‘ auf. | 1 · 1 Tool (Mapps-ID A202) (↗App-Store) Mit der App werden verschiedenen Darstellungs- und Versprachlichungsformen multiplikativer Strukturen erlernt und vernetzt. Verschiedene Aufgaben fordern die Kinder dazu heraus. Erkennbar ist somit der Kompetenzbereich <i>Darstellen</i> enthalten. |
| | | | |

| Analyseschwerpunkt ‚Potenziale digitaler Medien‘ | | | |
|--|-----------------|---|---|
| Kategorien ‚Mathematikdidaktische Potenziale‘ | | | |
| Digitale Medien können solche Potenziale aufweisen, die insbesondere das Mathematiklernen unterstützen können. Die nachstehenden sechs mathematikdidaktischen Potenziale wurden in Mapps als Kategorien angelegt. | | | |
| Kategorie: DV – Mathematikdidaktisches Potenzial ‚Vernetzung und Synchronität von Darstellungen‘ Enaktive, ikonische und symbolische Darstellungen werden so aufeinander bezogen, dass Änderungen einer Darstellung automatisch Änderungen der anderen Darstellungen nach sich ziehen. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Vernetzung und Synchronität von Darstellungen‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Vernetzung und Synchronität von Darstellungen‘ implementiert ist. | Malrechnen (Mapps-ID A121) (↗App-Store) Mit dieser App ist es möglich, verschiedene Darstellungen (Punktefeld, Zahlenstrahl, symbolische Mal- und Geteilt-Aufgaben) einer Einmaleinsaufgabe vernetzt zu manipulieren. Änderungen in einer Darstellungsform werden synchron in die anderen Darstellungsformen übertragen. |

| Kategorie: DS – Mathematikdidaktisches Potenzial ‚Strukturierungshilfen‘ Objekte (etwa Plättchen) können automatisch oder auf Anfrage strukturiert werden. | | | |
|--|-----------------|---|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Strukturierungshilfen‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Strukturierungshilfen‘ implementiert ist. | Stellenwerte üben (Mapps-ID A006) (↗App-Store) Mit der App kann das Verständnis des Zusammenhangs zwischen Zahlwörtern, Zahlzeichen und Mengengeübt werden. Die ‚Aufräum‘-Funktion ordnet dabei unstrukturiert platzierte Mengenelemente in eine regelhafte Anordnung nach Kraft der Fünf. |
| | | | |

| Kategorie: MO – Mathematikdidaktisches Potenzial ‚Passung zwischen Handlung und mentaler Operation‘ Handlungen an den virtuellen Materialien sowie die zu initiierenden gedanklichen Handlungen stimmen überein. | | | |
|---|-----------------|--|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Passung zwischen Handlung und mentaler Operation‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Passung zwischen Handlung und mentaler Operation‘ implementiert ist. | Klipp Klapp (Mappsa-ID A016) (↗App-Store) In der App präsentierte Würfelnetze können zunächst gedanklich im Kopf als dann auch digital stufenlos per Schieberegler zum Abgleich der mentalen Operation zu Würfeln zusammengefaltet werden. |
| | | | |

| Kategorie: AU – Mathematikdidaktisches Potenzial ‚Auslagerungsprinzip‘ Routinetätigkeiten, wie etwa das reine Ausrechnen von Aufgaben, werden von der App durchgeführt, so dass Lernende sich mit prozessbezogenen Fragestellungen auseinandersetzen können. | | | |
|---|-----------------|---|--|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Auslagerungsprinzip‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Auslagerungsprinzip‘ implementiert ist. | Rechenkettens (Mapps-ID A055) (↗App-Store) Mittels Blockcodes lassen sich in der App immer wieder variierte Rechenkettens erzeugen, die automatisch ausgerechnet werden. Damit kann der Arbeitsfokus sehr deutlich auf prozessbezogenen Kompetenzen wie etwa systematisches Problemlösen gelegt werden. |
| | | | |

| Kategorie: IR – Mathematikdidaktisches Potenzial ‚Informative Rückmeldungen‘ Es werden prozessorientierte Rückmeldungen oder Impulse zur individuellen und konstruktiven Weiterarbeit angeboten, die mehr als nur ein ‚richtig‘ oder ‚falsch‘ rückmelden. | | | |
|---|-----------------|---|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Informative Rückmeldungen‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Informative Rückmeldungen‘ implementiert ist. | Einmaleins Einsdurcheins (Mapps-ID A018) (↗App-Store) Zum Üben der Aufgabensätze von Einmaleinsreihen stellt die App einzelne Malaufgaben und immer vier Lösungsvorschläge, die angetippt werden können. Wird ein falsches Ergebnis angetippt, bleibt dieses rot gefärbt stehen, gleichzeitig verschwinden die zwei weiteren falschen Vorschläge, so dass die richtige Lösung übrigbleibt, aber noch angetippt werden muss. Neben der produktorientierten Rückmeldung (falsch/ richtig) wird somit eine dem Lernprozess förderliche Lernhilfe mit adaptivem Charakter angeboten. |
| | | | |

| Kategorie: MT – Mathematikdidaktisches Potenzial ‚Multitouch-Technologie‘ Die Verarbeitung mehrerer, gleichzeitiger Touch-Gesten wird gewinnbringend zur zeitgleichen Interaktion mit mehreren Objekten genutzt. | | | |
|--|-----------------|--|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Multitouch-Technologie‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Multitouch-Technologie‘ implementiert ist. | TouchTimes (Mapps-ID A035) (↗App-Store) Die Anzahl der gleichzeitig den Bildschirm berührenden Finger der ersten Hand bestimmen den Multiplikanden, der zweiten den Multiplikator, es wird fortlaufend dynamisch eine strukturierte Darstellung von Multiplikanden-Bündeln erzeugt (Grundvorstellungsaufbau zur Multiplikation). |
| | | | |

| Kategorien „Unterrichtsorganisatorische Potenziale“ | | | |
|--|-----------------|---|---|
| Unterrichtsorganisatorische Potenziale sind fachunspezifisch angelegt und beschreiben allgemeine ‚Benefits‘ digitaler Medien, die ebenso in anderen Fächern zum Tragen kommen können. | | | |
| Kategorie: UM – Unterrichtsorganisatorisches Potenzial ‚Unbegrenzter Materialvorrat‘ Arbeitsmaterialien (etwa digitale Wendeplättchen) können in ihrer Anzahl unbeschränkt zur Verfügung stehen. | | | |
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Unbegrenzter Materialvorrat‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Unbegrenzter Materialvorrat‘ implementiert ist. | Geoboard (Mappa-ID A045) (↗ App-Store) Auf digitalen Geobrettern können beliebig viele virtuelle Gummibänder in beliebiger „Dehnung“ gespannt werden. Zudem lassen sich erzeugte Figuren komfortabel speichern, wiederaufrufen und teilen. |
| | | | |

| Kategorie: DU – Unterrichtsorganisatorisches Potenzial ‚Komfortable Dokumentation von Bearbeitungen‘ (Teil-)Lösungen von Aufgaben lassen sich digital schnell und einfach archivieren, wiederaufrufen und ggf. arrangieren (bspw. Sortieren gefundener Möglichkeiten einer problemorientierten Aufgabenstellung). | | | |
|--|-----------------|---|---|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Komfortable Dokumentation von Bearbeitungen‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Komfortable Dokumentation von Bearbeitungen‘ implementiert ist. | Geoboard (Mappsa-ID A045) (↗App-Store) Auf digitalen Geobrettern können beliebig viele virtuelle Gummibänder in beliebiger „Dehnung“ gespannt werden. Zudem lassen sich erzeugte Figuren komfortabel speichern, wiederaufrufen und teilen. |
| | | | |

| Kategorie: UA – Unterrichtsorganisatorisches Potenzial ‚Unbegrenzter Vorrat an Aufgaben‘ In Apps können immer wieder neue Aufgaben erzeugt und gestellt werden (wenngleich sich einzelne Aufgaben – wie in analoger Form auch – dabei wiederholen können). | | | |
|--|-----------------|---|--|
| Kode | Name | Beschreibung | Ankerbeispiele |
| 0 | Nicht enthalten | Es ist keine Aktivität/ kein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Unbegrenzter Vorrat an Aufgaben‘ implementiert ist. | - |
| 1 | Enthalten | Es ist mindestens eine Aktivität/ ein Aufgabenmodul enthalten, in der/ dem das Potenzial ‚Unbegrenzter Vorrat an Aufgaben‘ implementiert ist. | JEKL Mathe Grundschule (Mappsa-ID A166) (↗App-Store) Die App stellt zu wählbaren Aufgabentypen immer wieder neue Aufgabensätze zum Rechenttraining zur Verfügung. |
| Berechnungen | | | |
| Nach der Kategorisierung erfolgen zur Komplettierung eines Datensatz standardisiert die folgenden Berechnungen: <i>AIK</i> – Anzahl der in einer App auftretenden inhaltsbezogenen Kompetenzen (0-5) <i>APE</i> – Anzahl der in einer App explizit auftretenden prozessbezogenen Kompetenzen (0-5) <i>API</i> – Anzahl der zu einer App denkbaren inhaltsbezogenen Kompetenzen (0-5) <i>AÜ</i> – Anzahl der in einer App auftretenden Übungsformen (0-4) <i>AMP</i> – Anzahl der in einer App auftretenden mathematikdidaktischen Potenziale (0-6) <i>AUP</i> – Anzahl der in einer App auftretenden unterrichtsorganisatorischen Potenziale (0-3) | | | |