

Masterarbeit

zum Thema

Eine empirische Studie zum Einsatz von Mathematik-Apps in der Grundschule

Vorgelegt der Fakultät für Mathematik der Universität Duisburg-Essen

von

Tanja Angelina Friemel

Erstgutachter: Prof. Dr. Florian Schacht

Zweitgutachter: Dr. Ulrich Schwätzer

Abgabedatum: 20. Juli 2023

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Apps als digitales Medium im Mathematikunterricht	3
2.1 Aktuelle Bedeutung digitaler Medien im Mathematikunterricht	3
2.2 Einsatzmöglichkeiten im Mathematikunterricht	6
2.2.1 Arten von Apps	7
2.2.2 Apps im mathematischen Lernprozess.....	8
2.3 Zentrale Gestaltungsmerkmale und Potenziale von Apps.....	10
2.3.1 Ebene der oberflächlichen Gestaltung einer App.....	11
2.3.2 Ebene der Unterrichtsorganisation	12
2.3.3 Ebene der Mathematikdidaktik	13
2.4 Herausforderungen beim Einsatz von Apps	18
2.4.1 Beschreibung der Herausforderungen	19
2.4.2 Ansätze aus fachdidaktischer Forschung	20
3 Aufbau der empirischen Studie	21
3.1 Forschungsfrage	21
3.2 Forschungsdesign	22
3.3 Stichprobe.....	23
3.4 Datenerhebungsmethode: Schriftliche Befragung mit Lehrkräften	24
3.4.1 Fachdidaktische Analyse der ausgewählten Apps.....	24
3.4.2 Konstruktion des Fragebogens	28
3.5 Datenauswertungsmethode: Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring.....	29
4 Darlegung der Ergebnisse	31
4.1 Generierung der Ergebnisse	31
4.2 Vorstellung des Kategoriensystems	34
4.3 Diskussion der Ergebnisse.....	44
5 Fazit	53
Literaturverzeichnis	55
Anhang	60

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übungsprozess nach Wittmann (PriMaKom-Team, o. J.).....	9
Abb. 2: App Rechenfeld - Übersicht von Darstellungen und Rechenaufgaben	25
Abb. 3: App Rechenfeld - Gestaltung und Funktionsmöglichkeiten.....	26
Abb. 4: App Mathe Land - Gestaltung und Rechenaufgaben.....	26
Abb. 5: App Einspluseins - Belohnungsmechanismen und Darstellungsebenen	27
Abb. 6: App Conni - Beispiel an formal-unstrukturierten und gestützt-unstrukturierten Aufgaben	27
Abb. 7: App Mathe Lite - Beispiel an formal-unstrukturierten und gestützt- unstrukturierten Aufgaben.....	28
Abb. 8: Beispiel aus der Tabelle der Durchführung der Zusammenfassung.....	33
Abb. 9: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu Oberflächenmerkmalen aus Sicht von Lehrkräften (in Dimensionen und Kategorien) .	35
Abb. 10: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu unterrichtsorganisatorischen Potenzialen aus Sicht von Lehrkräften (in Kategorien und Ausprägungen).....	38
Abb. 11: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu mathematikdidaktischen Potenzialen aus Sicht von Lehrkräften (in Kategorien und Ausprägungen).....	39
Abb. 12: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu prozessbezogenen Kompetenzen aus Sicht von Lehrkräften (in Kategorien und Ausprägungen).....	41
Abb. 13: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zum produktiven Üben aus Sicht von Lehrkräften (in Kategorien und Ausprägungen)	43

1 Einleitung

Die Digitalisierung schreitet in allen Lebensbereichen stetig voran und macht auch keinen Halt vor dem Mathematikunterricht in der Grundschule. Besonders im Zuge der bildungspolitischen Konzepte zur Thematik der digitalen Bildung (vgl. KMK, 2016) und der Entwicklungen durch die Pandemie seit 2019, bekommen digitale Medien im Schulsystem eine immer bedeutendere Rolle (vgl. Pinkernell et al., 2022, S. 1). Zu den aktuellen technologischen Möglichkeiten gehören Tablets und die dafür vorgesehenen Anwendungen in Form von *Apps*. Aufgrund der Praktikabilität und vielfältigen Möglichkeiten für den Einsatz von *Apps*, wächst auch das Angebot stetig – so auch speziell im Bereich der Unterstützungsangebote für den Mathematikunterricht.

Bereits viele Mathematikdidaktiker*innen haben sich mit dieser Thematik beschäftigt und versucht einen Überblick zu gewinnen. So gibt es in der Forschung Leitfäden und Kriterienkataloge, um *Apps* aus dem zahlreichen Angebot für den individuellen Mathematikunterricht herauszufiltern und Möglichkeiten aufzeigen, wie diese eingesetzt werden können. Studien, wie TIMSS 2015, zeigen allerdings, dass Lehrkräfte trotzdem skeptisch gegenüber dem Einsatz von *Apps* im Unterricht eingestellt sind und sie nicht regelmäßig im Unterricht einsetzen (vgl. Walter, 2018, S. 23). Um dem entgegenzuwirken und die Potenziale der *Apps* für den Lehr- und Lernzuwachs nutzbar zu machen, fokussiert sich die vorliegende Arbeit speziell auf die Perspektive von Lehrkräften. Im Zentrum steht die Beantwortung folgender Forschungsfrage:

Welche Gestaltungsmerkmale sollten Mathematik-Apps für die Grundschule aufweisen, damit Lehrkräfte diese in ihrem Unterricht einsetzen würden?

Das Ziel der Forschung ist die Definition von konkreten praxisorientierten Kriterien, die aus Sicht von Grundschullehrkräften relevant für die Nutzung einer Mathematik-App im Unterricht sind. Dadurch kann zudem die fachdidaktische Perspektive mit der praxisorientierten Perspektive kombiniert werden, indem die herausgearbeiteten Kategorien zukünftig als eine Art Filter dienen, um nur noch jene *Apps* fachdidaktisch eingehender zu analysieren, die für Lehrkräfte als potenziell unterrichtsgesegnet eingestuft werden. Im Sinne der formulierten Forschungsfragen und des Forschungsziels, baut sich die Arbeit wie folgt auf:

Im ersten Kapitel wird, unter Bezugnahme auf den medien- und fachdidaktischen Diskurs, der theoretisch-konzeptuelle Hintergrund dargestellt. Dafür wird zunächst die aktuelle Lage im Bildungssystem bezüglich digitaler Medien sowie der bildungspolitische Umgang mit der Digitalisierung beleuchtet, um die aktuelle Bedeutung von digitalen Medien im Mathematikunterricht einzuordnen. In diesem Zusammenhang wird zudem dargelegt, wie die Verfügbarkeit und Nutzung digitaler Medien aktuell an

(Grund-)Schulen aussieht und was die Forschungsliteratur über die Einstellungen von Lehrkräften bezüglich digitaler Medien im Unterricht preisgibt. Daraufhin befasst sich das zweite Unterkapitel mit Einsatzmöglichkeiten von Apps im Mathematikunterricht, wofür zum einen unterschiedliche Arten von Apps beschrieben werden und zum anderen die Phasen des mathematischen Lernprozesses hinsichtlich ihres Potenzials zur Integration von Apps durchlaufen werden. In den darauffolgenden Unterkapiteln wird auf Gestaltungsmerkmale und Potenziale von Apps auf verschiedenen Ebenen eingegangen und sich mit den aktuellen Herausforderungen von digitalen Medien im Schulunterricht auseinandergesetzt.

Im Anschluss an diesen theoretisch-konzeptuellen Hintergrund folgt im zweiten Kapitel die Darlegung des Aufbaus der empirischen Studie. Darunter fällt zunächst die konkrete Beschreibung der Forschungsfrage, des Forschungsdesigns sowie der Stichprobe. So wird ein Überblick über das Thema und die Durchführung der empirischen Studie geschaffen. Im darauffolgenden Unterkapitel wird die Datenerhebungsmethode beschrieben. Dafür werden zunächst die ausgewählten Apps, die die Grundlage für die Studie bilden, auf Basis des theoretischen Hintergrundes vorgestellt. Anschließend wird der Fragebogen hinsichtlich seiner Konstruktion nähergehend erläutert. Das letzte Unterkapitel widmet sich der methodischen Beschreibung der qualitativen Inhaltsanalyse, welche für die Auswertung der erhobenen Daten verwendet wird.

Jene Auswertung und die Darlegung der Ergebnisse finden im dritten Kapitel statt. Hierfür wird zunächst die Ergebnisgenerierung durch die qualitative Inhaltsanalyse beschrieben. Es folgt die Erläuterung der herausgearbeiteten Kategorien, bevor in einem nächsten Schritt die gewonnenen Erkenntnisse vor dem theoretischen Hintergrund diskutiert werden. Auf dieser Basis wird zum Abschluss dieser Arbeit ein Fazit gezogen und die Forschungsfrage final beantwortet.

2 Apps als digitales Medium im Mathematikunterricht

Bereits seit den 1980er Jahren, mit Einzug von Computern in den Bildungsbereich, besteht ein Interesse an digitalen Medien in schulischen Kontexten (vgl. Walter, 2018, S. 7). Mit den Jahren haben die Entwicklung und Nutzung digitaler Medien in der Schule stetig zugenommen und sind heute ein zentraler Bestandteil der Unterrichtsgestaltung vieler Lehrkräfte. Einen wichtigen Bestandteil der digitalen Medien stellen mittlerweile Apps dar. Was sich konkret hinter diesem Begriff verbirgt, welche Potenziale und Herausforderungen Apps mit sich bringen und welche Einsatzmöglichkeiten es im Mathematikunterricht gibt, wird in diesem Kapitel unter Bezugnahme auf den aktuellen Forschungs- und Erkenntnisstand thematisiert. So wird eine theoretische Grundlage für die empirische Studie geschaffen.

2.1 Aktuelle Bedeutung digitaler Medien im Mathematikunterricht

Seit der Einführung des iPads von Apple im Jahre 2010, haben Tablets weltweit eine große Verbreitung in Schulen gefunden (vgl. Bastian & Aufenanger, 2017, S. 119; Bonow, 2020, S. 57). Besonders in Apps, Abkürzung für *Applikation* (= Anwendungen), werden vielversprechende Potenziale gesehen, weshalb sich das Angebot an Apps bis heute stark ausweitet (vgl. Bastian & Aufenanger, 2017, S. 1). Eine App wird dabei als eine Softwareanwendung verstanden, die insbesondere für mobile Endgeräte wie Tablets oder Smartphones erhältlich ist. Inzwischen gibt es Apps für verschiedene Betriebssysteme (wie iOS oder Android), wobei sie sowohl kostenlos als auch kostenpflichtig sein können (vgl. Aufenanger, 2020, S. 29). Neben aufwendigen PC-Softwares bzw. Lernprogrammen, welche ausschließlich an Computern und Laptops zu installieren und anzuwenden sind, bieten Apps neue Einsatzmöglichkeiten für den Unterricht (Krauthausen, 2012, S. 140). Diesbezüglich weisen viele Apps offensichtlich positive Merkmale auf, wie die intuitive Bedienbarkeit ohne Anleitung, die flexiblen bzw. mobilen Einsatzmöglichkeiten sowie der niedrige finanzielle Aufwand (vgl. Bonow, 2020, S. 57). Zudem gibt es sie für verschiedene Anwendungsbereiche, darunter auch für den Bildungsbereich, wie beispielsweise für den Mathematikunterricht. Aktuell (Stand 05/23) befinden sich unter dem Suchbegriff „Mathematik Grundschule“ 169 Apps im AppStore von Apple. Es wird deutlich, dass Tablets und Apps neben anderen digitalen Medien wie Computerräumen, interaktiven Whiteboards und E-Learning-Plattformen ein bedeutender Bestandteil des digitalen Medienangebots geworden sind. Angesichts dieser digitalen Welt gibt es Überlegungen in der Bildungspolitik, wie die Bildung in den mediendidaktischen Diskurs eingebettet werden kann (vgl. Irion, Ruber & Schneider,

2018, S. 39). So hat die Kultusministerkonferenz 2016 das Handlungskonzept „Bildung in der digitalen Welt“ veröffentlicht, welches besagt, dass das Lernen mit und über digitale Medien bereits in der Primarstufe beginnen soll, um zu einem „selbstständigen und mündigen Leben in einer digitalen Welt befähigt [zu] werden“ (KMK, 2017, S. 11). Die Bildungspolitik erwartet durch den Einsatz digitaler Medien als Lerninstrument den Unterricht einfacher und effizienter gestalten zu können und den Bildungserfolg der Schüler*innen zu erhöhen (vgl. Walter, 2018, S. 8f.). Auch im aktuellen Lehrplan für die Primarstufe in NRW (2021) wird die „Medienbildung und Bildung für digitale Welt“ im Mathematikunterricht explizit aufgegriffen. So sollen die Schüler*innen sowohl befähigt werden, mit den digitalen Werkzeugen umzugehen und eine Medienkompetenz aufzubauen, als auch diese für ihren Lernprozess zu nutzen. Grundlage für den Aufbau von fachlich mathematischen Kompetenzen ist das Zusammenwirken von prozessbezogenen und inhaltsbezogenen Kompetenzen (Prozessen und Gegenständen). Bei den prozessbezogenen Kompetenzen *Problemlösen*, *Modellieren*, *Kommunizieren* und *Darstellen* wird der Einsatz von digitalen Werkzeugen konkret genannt (vgl. KMK, 2021, S. 83f.). Diese sollen dazu genutzt werden, eine Aufgabenstellung durch eine eigenständige Vorgehensweise zu lösen, Sachsituationen in ein mathematisches Modell zu übertragen sowie Ergebnisse, Lösungswege und mathematische Beziehungen zu präsentieren und angemessen darzustellen. Lediglich beim *Argumentieren* findet keine konkrete Erwähnung bezüglich digitaler Medien statt. Neben dem Einsatz digitaler Werkzeuge für den Aufbau von prozessbezogenen Kompetenzen findet sich dieser auch an vielen Stellen für den Aufbau von inhaltsbezogenen Kompetenzen wieder (vgl. KMK, 2021, S. 85ff.). Damit wird deutlich, welchen hohen Stellenwert der Umgang mit digitalen Medien in der Bildungspolitik mittlerweile eingenommen hat.

Verfügbarkeit und Nutzung digitaler Medien an Schulen

Wie häufig und intensiv digitale Medien oder konkret Tablets allerdings tatsächlich an deutschen Schulen eingesetzt werden und wie die Verfügbarkeit aussieht, beantwortet die Forschungsliteratur unterschiedlich. Die Ungenauigkeit der Angabe ist auf vielfältige Trägerschaften von Schulen sowie das Fehlen einer umfassenden Dokumentation der Medien im Bildungssystem zurückzuführen (vgl. Bastian & Aufenanger, 2017, S. 3). Die internationale Vergleichsstudie TIMSS 2015 bietet eine grobe Datengrundlage zur Ausstattung mit digitalen Medien an Grundschulen. Durch eine Fragebogenerhebung wurde erfasst, ob Schüler*innen von Lehrpersonen unterrichtet werden, denen (mindestens) ein Computer im Mathematikunterricht der vierten Jahrgangsstufe zur Verfügung stehen. In dieser Erhebung trifft dies auf 56,73 % der Schüler*innen zu, womit Deutschland über dem internationalen Mittelwert (40,08 %) liegt (vgl. Walter, 2018, S. 16). Die Ausstattungsvariante ist dabei sehr unterschiedlich – so gibt es die Möglichkeit, dass *jedem/jeder Schüler*in* ein Computer zur Verfügung steht (3,89 %), der gesamten

Klasse ein oder mehrere Computer zur Verfügung stehen (73,77 %) oder der *Schule* mehrere Computer zur Verfügung stehen, die gelegentlich von Klassen genutzt werden können (82,43 %). Die Ergebnisse zeigen, dass den Schüler*innen nur in seltenen Fällen, ein eigener Computer zur Verfügung steht, wodurch die Einsatzmöglichkeit und die Häufigkeit der Nutzung im Unterricht beeinflusst wird. Die Angabe, ob ein *Tablet* für Schüler*innen an deutschen Grundschulen zur Verfügung steht, kann ebenfalls aus der TIMS-Studie 2015 entnommen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass lediglich 2,8 % der Schüler*innen von Lehrkräften unterrichtet werden, die Zugang zu (mindestens) einem Tablet im Mathematikunterricht haben (vgl. Walter, 2018, S. 18f.). Aussagen über die Ausstattungsvariante lassen sich in diesem Fall nicht festmachen.

Bezüglich der Verfügbarkeit von Mathematik-Apps im AppStore stellt Walter (2022) bei seiner Untersuchung fest, dass sich die meisten Apps auf den inhaltsbezogenen Kompetenzbereich *Zahlen und Operationen* beziehen. Weniger Apps konzentrieren sich auf die anderen inhaltsbezogenen Kompetenzen des Lehrplans. Seine Untersuchung zeigt außerdem, dass die prozessbezogenen Kompetenzen nur in wenigen Apps zum Tragen kommen (vgl. Walter, 2022, S. 25). Demnach bieten die meisten Mathematik-Apps Möglichkeiten für das Üben von Kalkülen Rechenaufgaben und weniger die Möglichkeit, sich mit mathematischen Grundsätzen auseinanderzusetzen und Grundvorstellungen aufzubauen (vgl. Walter, 2018, S. 22). Des Weiteren zeigt sich, dass sich eine große Anzahl von Apps an unterrichtsorganisatorischen Potenzialen bedienen, während die fachdidaktischen Potenziale weniger im Fokus stehen (vgl. Walter, 2022, S. 26). Was unter den verschiedenen Potenzialen zu verstehen ist, wird in Kapitel 2.2 näher erläutert. Die Frage nach der konkreten Nutzung von Mathematik-Apps an Grundschulen wird in der Forschungsliteratur schon seit längerer Zeit diskutiert. Verschiedene Studien zeigen, dass die bloße Verfügbarkeit von Mathematik-Apps nicht zwangsläufig zu einer produktiven Nutzung durch die Schüler*innen führt (vgl. etwa Walter, 2018; Steffen, 2021; Frischemeier, 2020).

Die dargelegten Forschungsergebnisse zeigen, dass es u. a. innerhalb Deutschlands noch keine flächendeckende Nutzung von Tablets (Apps) an Grundschulen gibt. Es gibt viele Variablen, die beeinflussen, ob digitale Medien mehr oder weniger an Schulen eingesetzt werden: so können Region, finanzielle Mittel, Einstellung von Lehrpersonen, Konzept der Schulleitung etc. Einfluss nehmen. Dadurch entstehen Schulen mit unterschiedlichsten Formen der Ausstattung und Möglichkeiten, Apps im Unterricht zu nutzen (vgl. Brandt, Dausend & Sitter, 2018, S. 7). Weiterführend ist es von Interesse, welche Haltungen und Einstellungen Lehrpersonen zu digitalen Medien im Unterricht haben, da sie letztendlich die Personen sind, die diese im Unterricht einsetzen. Mit dieser Frage soll sich der nächste Abschnitt befassen.

Einstellung von Lehrpersonen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht

Der Forschungszweig über die Einstellungen von Lehrkräften über den Einsatz von digitalen Medien (insbesondere Mathematik-Apps) im (Grund-)Schulunterricht ist wie die obigen Forschungsfelder noch nicht vollständig ausgereift. Aus den Daten der TIMS-Studie 2015 lässt sich lediglich wieder eine Tendenz ableiten: Aus diesen Erhebungsdaten geht hervor, dass 38,5 % der Lehrkräfte an deutschen Grundschulen den Einsatz von digitalen Medien (hier: Tablets) als sinnvoll erachten (vgl. Walter, 2018, S. 22). Das legt den Schluss nahe, dass viele Lehrpersonen nicht genügend Möglichkeiten sehen, die Tablets angemessen im Mathematikunterricht zu integrieren und möglicherweise Schwierigkeiten haben, passende Apps für einen bestimmten Unterrichtszweck aus dem großen Angebot auszuwählen.

Vereinzelte Projekte bzw. Initiativen von Lehrer*innen, Schulleiter*innen und Schulbehörden zeigen allerdings das Gegenteil, indem sie den Einsatz von digitalen Medien aktiv in den Unterricht integrieren und damit systematisch voranbringen (vgl. Brandt, Dausend & Sitter, 2018, S. 7). Es zeigt sich, dass die Einstellungen und die Initiativen von Lehrpersonen je nach Schule sehr unterschiedlich sein können. Neben der digitalen infrastrukturellen Ausstattung von Schulen ist es somit elementar, das digitale Medienangebot und dessen Einsatzmöglichkeiten im Unterricht (speziell für die „neue“ Form von Tablets bzw. Apps) für die Lehrkräfte transparent und greifbar zu machen. Ein besonderer Fokus bei der wissenschaftlichen Forschung sollte auf die Bedürfnisse und Ansichten von Lehrkräften gelegt werden, um den Einsatz von digitalen Medien (Apps) im Unterricht zu optimieren und damit eine umfassendere Integration in den Schulalltag zu ermöglichen.

2.2 Einsatzmöglichkeiten im Mathematikunterricht

Dieses Unterkapitel nähert sich den Einsatzmöglichkeiten bzw. der Anwendbarkeit von Apps im Mathematikunterricht aus zwei Perspektiven: Zum einen werden unterschiedliche Arten von Apps beschrieben, die sich aufgrund ihrer verschiedenen Charakteristika für verschiedene Unterrichtssituationen anbieten. Zum anderen werden die Phasen des mathematischen Lernprozesses beleuchtet und (anhand von Beispielen) die unterschiedlichen Anwendungsfälle jeder Phase herausgestellt.

2.2.1 Arten von Apps

Innerhalb des Mathematikunterrichtes verwendete Apps können verschiedenen Anwendungszwecken unterliegen (vgl. Bonow, 2020, S. 59). Die Grundlage dieses Unterkapitels bildet die Kategorisierung des Projektes „PIKAS digi“ (2023) vom Deutschen Zentrum für Lehrerbildung Mathematik, welche fünf Kategorien von Apps für den Einsatz im Grundschulunterricht unterscheidet. Im Folgenden werden drei der fünf Kategorien vorgestellt, da diese drei Kategorien im Kontext der vorliegenden Arbeit mit Bezug auf die Nutzung innerhalb des Mathematikunterrichtes der Grundschule von besonderer Relevanz sind.

Apps als Arbeitsmittel

Apps können als *Arbeitsmittel* verwendet werden, d. h. es gibt Apps, die bekannte didaktische Materialien, die im Unterricht als Arbeitsmittel eingesetzt werden, virtuell abbilden, z. B. ein Hunderterfeld, eine Stellenwerttafel, einen Rechenrahmen (vgl. PIKAS-Team, 2023, S. 1). Die analogen Materialien werden dabei durch digitale Potenziale (siehe Kapitel 2.2) erweitert, sodass z. B. mehrere Darstellungsebenen miteinander verknüpft und dargestellt werden. Demzufolge sind die Apps als Arbeitsmittel oftmals sehr flexibel im Umgang mit den didaktischen Materialien (vgl. Ladel, 2018, S. 9). Anzumerken ist hier, dass diese Apps nicht für sich allein im Unterricht stehen können. Wichtig ist, dass sie, wie auch beim Einsatz analoger Materialien, begleitend zu einer Aufgabe der Lehrkraft eingesetzt werden. Apps dieser Art sind beispielsweise: *Stellenwerttafel* (Kortenkamp, 2021), *Rechenfeld* (Urff, o. J.) und *Klötzchen* (Etzold, 2021).

Apps als Aufgabenformate

Apps als Aufgabenformate setzen bekannte mathematische Aufgabenformate, wie Rechendreiecke, Zahlenmauern oder Zahlenketten, virtuell um (vgl. PIKAS-Team, 2023, S. 4). Auch bei dieser Art von Apps, muss beachtet werden, dass sie eine sinnvolle unterrichtliche Rahmung benötigen. Die Apps grenzen sich in der Hinsicht von den analogen Aufgaben ab, dass sie fachdidaktische Potenziale (siehe Kapitel 2.2) einschließen können. So gibt es Apps, z. B. *Rechendreieck* (Urff, o. J.), die das Potenzial der Auslagerung kognitiver Beanspruchung berücksichtigen, indem das Rechnen von der Software übernommen wird, so dass nur auf das Entdecken und Erkennen von mathematischen Strukturen abgezielt werden kann. Viele Apps bedienen sich auch in diesem Fall an dem Potenzial der Synchronität und Vernetzung von Darstellungen (vgl. PIKAS-Team, 2023, S. 4).

Apps zum Üben und Automatisieren

Des Weiteren existieren Apps mit dem Fokus auf das *Üben und Automatisieren* von Rechenaufgaben. Bei diesen Apps werden Aufgaben gestellt, die gelöst werden müssen und im Anschluss wird meistens ein sofortiges Feedback gegeben. Der Einsatz dieser Apps setzt ein Verständnis der mathematischen Inhalte voraus, weshalb sie sich nicht für den Aufbau der mathematischen Inhalte eignen, sondern lediglich, um jene zu festigen (vgl. PIKAS-Team, 2023, S. 5). Apps wie *Einmaleins* (Urff, o. J.) fallen in diese Kategorie, da hier Grundrechenarten abgefragt werden, wofür ein bereits aufgebautes Verständnis ebendieser benötigt wird.

Weitere Apps, die sich besonders zum Üben und Automatisieren eignen, sind nach Ladel (2018) in eine spielerische Lernumgebung eingebettete Apps (vgl. ebd., S. 5). Ein Beispiel stellt die App *König der Mathematik 2* (Oddrobo Software AG, 2018) dar, welche sich durch das Sammeln von Münzen, Punkten und Medaillen sowie das Erreichen eines nächsten Levels auszeichnet (vgl. ebd., S. 5). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden Apps mit Spielcharakter somit in die Kategorie des Übens und Automatisierens eingeordnet, da diese sich in der Regel auf bereits erworbenes Fachwissen beziehen, einen positiven Einfluss auf die Lernmotivation haben können und damit das ausdauernde Üben fördern (vgl. Ladel, 2018, S. 5).

2.2.2 Apps im mathematischen Lernprozess

Die Aufgaben innerhalb einer App können unterschiedliche Segmente der mathematischen Lernaktivität ansprechen. Wie die mathematische Lernaktivität in Segmente aufgeteilt werden kann, wird durch die etablierte Übungsmatrix nach Wittmann (1992) ersichtlich. Das Modell untergliedert den Übungsprozess in vier verschiedene Übungsformen, wobei es zunächst zwischen dem *Grad der Strukturierung* (strukturiert oder unstrukturiert) und dem *Grad der Abstraktion* (gestützt oder formal) unterscheidet. Die mathematischen Aufgaben beim strukturierten Üben stehen in einem operativen Zusammenhang, während die Aufgaben beim unstrukturierten Üben nicht aufeinander bezogen sind. Bei der formalen Darstellung handelt es sich um Aufgaben, die lediglich auf der symbolischen Ebene bearbeitet werden, während sich die Aufgaben auf der gestützten Ebene auf weitere ikonische oder enaktive Darstellungen und Materialien beziehen (vgl. Walter, 2022, S. 23). Folglich entsteht diese Übungsmatrix:

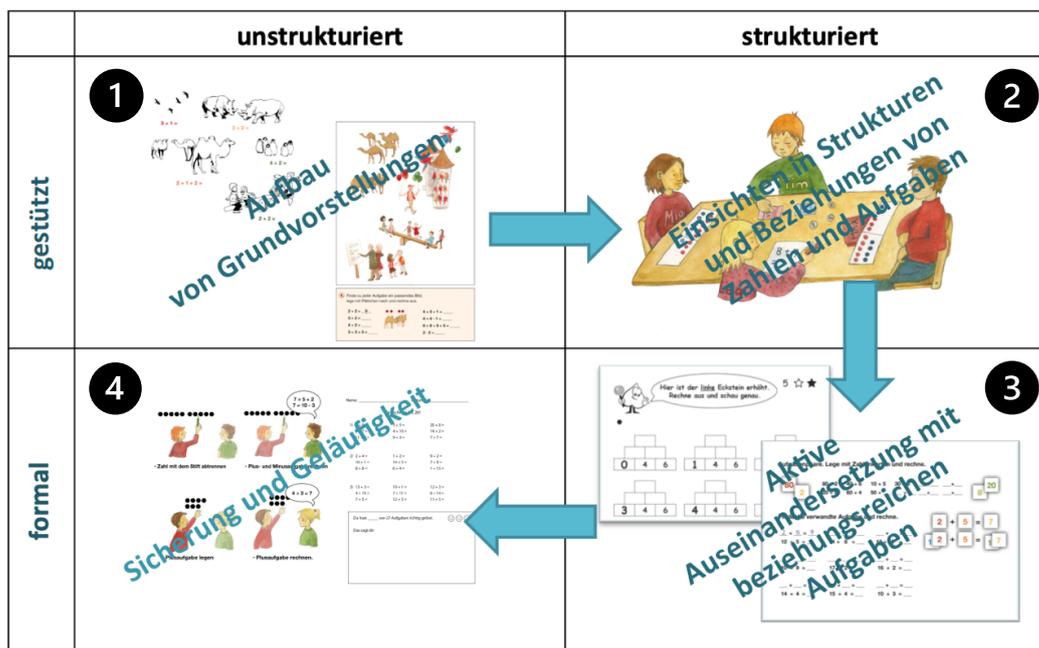


Abb. 1: Übungsprozess nach Wittmann (PriMaKom-Team, o. J.)

Die vier Phasen der Übungsmatrix und die vielfältigen Unterstützungsmöglichkeiten durch Apps lassen sich wie folgt beschreiben: In der ersten Phase werden mithilfe von Aufgaben ohne Strukturzusammenhang, aber mit anschaulichen und verschiedenen Darstellungen bzw. Materialien, Grundvorstellungen aufgebaut (vgl. PriMaKom-Team, o. J.). Hier können Apps wie *Rechnen mit Wendi* (Urff, o. J.) unterstützend eingesetzt werden. Diese bietet Rechenaufgaben auf symbolischer und ikonischer Ebene (virtuelle Plättchen) an, wobei beide Darstellungen aufeinander bezogen sind und zufällig von der Software generiert werden (vgl. Walter, 2022, S. 24). Somit besteht ein enger Zusammenhang zwischen den Repräsentationsformen, welcher für ein besseres Verständnis des mathematischen Inhaltes sorgen kann (vgl. Label, 2018, S. 6). Besonders die *automatische* Verknüpfung kann den intermodalen Transfer und damit den Aufbau von Grundvorstellungen unterstützen (vgl. ebd., S. 6).

Anschließend folgt die zweite Phase, in der das erarbeitete Wissen vertieft wird, indem die zugrundeliegenden mathematischen Strukturen mithilfe von Materialien und verschiedenen Darstellungen sichtbar gemacht werden (vgl. PriMaKom-Team, o. J.). In dieser Phase bietet beispielsweise die App *Rechenfeld* (Urff, o. J.) eine unterstützende Einsatzmöglichkeit. Hier können Strukturen und Beziehungen zwischen Zahlen und Rechenoperationen aufgedeckt werden, da die Aufgaben in einem operativen Zusammenhang stehen – so können die Aufgaben per Knopfdruck operativ verändert werden. Die Aufgabe wird dabei sowohl auf symbolischer als auch auf ikonischer Ebene in Form von Plättchen auf einem Zehnerstrahl, Zwanzigerfeld oder Hunderterfeld dargestellt und simultan verändert (vgl. Walter, 2022, S. 24).

In der dritten Phase soll das Wissen auf formaler Ebene vernetzt und vertieft werden. Hier dienen strukturierte und beziehungsreiche Aufgaben als Grundlage für das Beobachten und Aufdecken von mathematischen Zusammenhängen (vgl. PriMaKom-Team, o. J.). In dieser Phase kann beispielsweise die App *Blitzrechnen* (Ernst Klett Verlag, o. J.) eingesetzt werden, da es hier die Möglichkeit gibt, die Rechenaufgaben mit operativem Zusammenhang ausschließlich auf der formal-symbolischen Ebene darstellen zu lassen. So ist es möglich, das Wissen über den Zusammenhang zwischen Zahlen und Operationen auf formaler Ebene zu vertiefen (vgl. Walter, 2022, S. 24).

In der letzten Phase soll das Gelernte gesichert und automatisiert werden, indem auf symbolischer Ebene Aufgaben ohne Strukturzusammenhang bearbeitet werden (vgl. PriMaKom-Team, o. J.). In dieser Phase ist es möglich, Apps wie *Stellenwerte üben* (Schulz & Walter, 2019) einzusetzen. Diese ist ausschließlich mit mathematischen Vorkenntnissen zu bedienen und kann bei der Sicherung des Stellenwertverständnisses hilfreich sein. Die Aufgaben werden formal-symbolisch und ohne Strukturzusammenhang gestellt (vgl. Walter, 2022, S. 24).

Aus fachdidaktischer Sicht stellt diese Einordnung von Apps einen zentralen Faktor dar. Zu beachten ist allerdings, dass die Zuordnung einer App zu einer Lernphase nicht starr und eindimensional ist, sondern je nach Unterrichtsziel und dem Einsetzen von zusätzlichen Elementen variabel sein kann (vgl. Walter, 2022, S. 23). So können beispielsweise ikonische Darstellungen in Apps verdeckt werden, wodurch sich die Apps neben gestützten Übungsszenarien ebenfalls für formale Übungsszenarien eignen würden (vgl. ebd., S. 23).

2.3 Zentrale Gestaltungsmerkmale und Potenziale von Apps

In diesem Unterkapitel geht es darum, die zentralen sowohl mathematikdidaktischen als auch mathematikunabhängigen Gestaltungsmerkmale einer App darzulegen. Aus diesen Gestaltungsmerkmalen einer App erwachsen *Potenziale*, die neue Chancen und Möglichkeiten für das (Mathematik-)Lernen bieten und damit als sich „positiv auswirkende Gestaltungsmerkmale“ (Walter, 2018, S. 30) zu verstehen sind. In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass das Vorhandensein von Potenzialen aber nicht bedeutet, dass das Lernen mit Apps *besser* ist als mit physischen Medien (vgl. Rink & Walter, 2020, S. 12). Vielmehr sollten sie als eine bereichernde Ergänzung zu physischen Materialien betrachtet werden (vgl. Rink & Walter, 2020, S. 15). Das Konzept einer sinnvollen Kombination, in denen sowohl digitale als auch physische Materialien ihre Potenziale für das Lernen mathematischer Konzepte entfalten können, ist in der internationalen Forschung als *Duo of Artefacts* bekannt (vgl. Ladel, 2018, S. 17). Die digitalen und physischen Medien sollen

sich an den Stellen ergänzen, an denen sie ihre jeweilige Grenze haben, um diese zu überwinden und die Vorteile beider Materialien zu nutzen (vgl. Ladel, 2018, S. 17). Für dieses effektive Mathematiklernen ist allerdings nicht nur der Einsatz der Medien nötig, sondern eine sinnvolle unterrichtliche Rahmung, d. h. für die Entfaltung der Potenziale ist deren Integration in einen mathematikdidaktischen Unterricht mit kompetenten Lehrkräften notwendig (vgl. Rink & Walter, 2020, S. 17).

Im Folgenden soll aus fachdidaktischer Sicht ein Überblick über die bekannten Merkmale einer App und die daraus resultierenden Potenziale für den Unterricht geschaffen werden. Dazu gehört zum einen die Darlegung von Oberflächenmerkmalen einer App und zum anderen die Darlegung von Gestaltungsmerkmalen auf Ebene der Unterrichtsorganisation sowie auf Ebene der Mathematikdidaktik und damit einhergehend die jeweiligen Potenziale für den Lehr-/Lernzuwachs. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass es sich bei der folgenden Darstellung um die in der Forschung viel diskutierten Gestaltungsmerkmale und Potenziale handelt – die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

2.3.1 Ebene der oberflächlichen Gestaltung einer App

Zu der Ebene der oberflächlichen Gestaltung einer App gehören einerseits objektive Merkmale wie Preis, Downloadzahlen, Anzahl und Höhe von Bewertungen sowie die Plattform, auf der die Apps verfügbar sind (vgl. Walter & Schwätzer, 2023, S. 8). Diese Merkmale haben keinen fachdidaktischen Bezug. Andererseits spricht man in der Forschung von fachdidaktisch geprägten Merkmalen, die die oberflächliche Gestaltung einer App betreffen und Aufschluss darüber geben, ob die App auf das Wesentliche (den mathematischen Inhalt) reduziert ist und damit dem *Primat der Didaktik* folgt (vgl. Krauthausen, 2012, S. 55). Die fachdidaktisch geprägten Merkmale *Multimediale Darstellungsformen* sowie *Belohnungssysteme* werden im Folgenden dargestellt:

Multimediale Darstellungsformen

Apps können die Möglichkeit bieten, die inhaltlichen Informationen mit und durch unterschiedliche multimediale Veranschaulichungen (z. B. Bilder, Animationen, Videos, Musik, Farbgebung, Zeitraffer) zu erarbeiten (vgl. Irion & Kammerl, 2018, S. 14). Diese Veranschaulichungen können dazu beitragen, dass der inhaltliche mathematische Kern besser verstanden wird und die Schüler*innen kognitiv aktiviert werden. Das kann z. B. auf sprachlicher Ebene der Fall sein, indem verschiedene Sprachen in der App angeboten werden oder auf der menschlichen Wahrnehmungsebene, indem Prozesse durch Zeitlupen und Zeitraffer sichtbar gemacht werden (vgl. ebd., S. 14). An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Darstellung zu vieler multimedialer Elemente allerdings auch das

Gegenteil bewirken und den Lernprozess behindern kann (vgl. ebd., S. 14). Es gibt Apps, die den Spaß und das spielerische Lernen in den Fokus setzen wollen, damit das „eigentliche Lernen“ von Kindern nicht bemerkt wird und sie motiviert sind mit den Apps zu arbeiten bzw. zu spielen (vgl. Krauthausen, 2012, S. 55). Es ist allerdings wichtig, dass der mathematische Kern innerhalb von Apps deutlich erkennbar bleibt und eine App damit auf das Wesentliche reduziert ist (vgl. Krauthausen, 2012, S. 55).

Belohnungssysteme

Neben den multimedialen Darstellungsformen können sich auch Belohnungssysteme im Sinne operanter Konditionierung positiv auf die Motivation von Schüler*innen auswirken (vgl. Herzig, 2020, S. 20). In diesem Sinne wird das Lösen einer richtigen Aufgabe z. B. durch die einfache Rückmeldung „richtig“ oder durch die Vergabe von Punkten und Sternen unmittelbar bekräftigt (vgl. ebd., S. 18). Diese Art bzw. Intensität von Rückmeldungen, die eine Bekräftigung jeder einzelnen sachgerechten Aufgabenlösung jedes einzelnen Kindes bedingt, ist durch eine Lehrperson im Schulalltag nicht machbar. Allerdings sollten auch Apps Belohnungsmechanismen nicht überstrapazieren, da sonst vom mathematischen Inhalt abgelenkt werden kann (vgl. Krauthausen, 2012, S. 55). Krauthausen (2012) betont zudem, dass Schüler*innen erfahren müssen, dass Lernen mit einem gewissen eigenen Einsatz, Anstrengung und Verantwortlichkeit verbunden ist (vgl. ebd., S. 56). In diesem Sinne sind Belohnungssysteme ein wertvolles Gestaltungsmerkmal von Apps, um Schüler*innen zu motivieren, sofern Häufigkeit und Intensität sinnvoll bemessen sind.

2.3.2 Ebene der Unterrichtsorganisation

Neben den dargestellten Merkmalen, die die oberflächliche Gestaltung einer App betreffen, gibt es weitere mathematikunabhängige Merkmale von Apps, die die allgemeine Organisation eines Unterrichts positiv beeinflussen können. In Anlehnung an Walter (2018) werden diese im Rahmen der Arbeit als *unterrichtsorganisatorische Potenziale* bezeichnet. In der Literatur werden vielfach folgende drei Potenziale genannt:

Unbegrenzter Vorrat an Material und Aufgaben

Ein unterrichtsorganisatorisches Potenzial von Apps liegt darin, dass die virtuellen Arbeitsmaterialien (z. B. Plättchen oder Gummibänder) und die enthaltenen Aufgaben einer App in ihrer Anzahl unbeschränkt zur Verfügung stehen (vgl. Krauthausen, 2012, S. 12). Die Materialien müssen im Gegensatz zu physischen Materialien nicht in vielfacher Ausführung für die Klasse vorhanden sein (vgl. Ladel, 2018, S. 16). Durch die zahlreiche Auswahl an virtuellen Materialien und deren (unbegrenzten) Vorrat ist es den

Lehrkräften möglich, den Unterricht vielfältig und abwechslungsreich zu gestalten, was sich ebenfalls positiv auf die Motivation der Schüler*innen auswirken kann (vgl. ebd., S. 16). Zugleich haben einige Apps auch einen unbegrenzten Vorrat an (Rechen-)Aufgaben, da immer wieder neue Aufgaben von der App generiert werden. Dadurch kann ein reichhaltiges Angebot für das Üben von Rechenfertigkeiten verfügbar gemacht werden.

Dokumentation von Bearbeitungen

Apps können zudem die Möglichkeit bieten, dass die erarbeiteten Ergebnisse gespeichert werden, so dass sie jederzeit wieder abgerufen und weitergenutzt werden können (vgl. Irion & Kammerl, 2018, S. 16). Dies ermöglicht es, die erarbeiteten Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufzugreifen und unkompliziert für eine gemeinsame Reflexionsphase, in der die Schüler*innen ihre Leistungen und die Lernstrategie reflektieren, zugänglich zu machen. Ein Beispiel dafür ist die App *Geoboard*, in der mit Gummibändern virtuelle Figuren an digitalen Geobrettern erstellt werden können. Hier ist es möglich, die Figuren zu speichern, zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufzurufen und zu teilen (vgl. Walter & Schwätzer, 2023, S. 18). So können die zu unterschiedlichen Zeitpunkten entstandenen Ergebnisse für eine gemeinsame Reflexionsphase genutzt werden.

Kommunikation und Kooperation

Zuletzt ist noch das Potenzial für kooperative Lernprozesse zu erwähnen, welches dazu beitragen kann, dass kognitives Lernen mit sozialem Lernen verknüpft wird – unter der Voraussetzung, dass sich jedes Kind im Lernprozess einbringt (vgl. Irion & Kammerl, 2018, S. 16). So kann in einer Lerngruppe sowohl zeitgleich als auch zeitlich und räumlich getrennt an einem gemeinsamen Gegenstand gearbeitet werden (vgl. ebd., S. 16). Diesbezüglich gibt es fachunspezifische Apps (wie die App *Whiteboard Lite*), welche ein gemeinsames Lernen von verschiedenen Geräten aus ermöglicht (vgl. ebd., S. 16). Des Weiteren gibt es Apps (im Rahmen der Arbeit auf Mathematik bezogen), welche sich für ein gemeinsames Erforschen an einer virtuellen Leinwand in einer Klassendiskussion oder an einem Tablet in Kleingruppen eignen (wie die App *Rechendreieck*). Diese Möglichkeit des gemeinsamen Lernens kann die Entwicklung der prozessbezogenen Kompetenzen unterstützen.

2.3.3 Ebene der Mathematikdidaktik

Mit den *mathematikdidaktischen Potenzialen*, welche explizit auf das Lernen im Mathematikunterricht ausgerichtet sind, wird es überhaupt erst möglich, Apps speziell für den Mathematikunterricht zu legitimieren (vgl. Walter, 2018, S. 32). In der Forschung

existieren derzeit sechs grundlegende Potenziale dieser Art, die im Folgenden dargestellt werden. Die Grundlage dieser Darlegung bietet die Literatur der Mathematikdidaktiker Rink und Walter (2020), welche alle sechs Potenziale durch Beispiele erläutert. An den entsprechend markierten Stellen werden andere Autor*innen ergänzend hinzugezogen.

Passung zwischen Handlung und mentaler Operation

Das Potenzial der *Passung zwischen Handlung und mentaler Operation* meint die Unterstützungsmöglichkeit digitaler Medien in Hinblick auf den Aufbau von mentalen Vorstellungsbildern. Dies soll erreicht werden, indem das Handeln mit einem digitalen Medium an der angestrebten mentalen Operation im Kopf orientiert ist und damit beides in Einklang gebracht wird (vgl. Walter, 2020, S. 21). Das bedeutet, dass „das, was die Kinder mit ihren Händen tun [...], strukturell möglichst mit den gewünschten mentalen Handlungen übereinstimmen [sollte]“ (Rink & Walter, 2020, S. 18). Ergänzend soll an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass Handlungen auf enaktiver Ebene auch mit virtuellen Objekten möglich sind, d. h. Handlungen am Material sind nicht auf physische Objekte beschränkt, sondern können auch virtuelle Objekte einschließen (vgl. Ladel, 2018, S. 9). So gehört beispielsweise das virtuelle Erstellen von Würfelnetzen oder das virtuelle Verschieben von Plättchen in einer Stellenwerttafel zum Handeln auf enaktiver Ebene.

Ein Beispiel verdeutlicht dieses Potenzial: Das physische Material wie z. B. Dienes-Material, welches aus Zehnerstangen und Einerwürfeln besteht, verdeutlicht die Strukturen des dezimalen Stellenwertsystems. Hiermit können Zahlen dargestellt und Bündelungsprozesse visualisiert werden. Apps bezüglich virtueller Dienes-Materialien können nun dabei helfen, konkrete Rechenaufgaben zu lösen, indem z. B. eine Zehnerstange per Toucheingabe *direkt* in zehn Einerwürfel entbündelt werden kann und somit *direkt* Einerwürfel für die Rechenaufgabe (Subtraktion) entnommen werden können. Mit den physischen Materialien muss dieser Entbündelungsprozess erst aufwendig manuell durchgeführt werden, was für ein Verständnis des Stellenwertsystems förderlich ist, aber nicht für die konkrete Berechnung von mathematischen Rechenaufgaben (vgl. ebd., S. 19). Das Beispiel zeigt, dass die virtuelle Handlung somit enger an der mentalen Operation orientiert sein kann und damit den Übergang zur Symbolebene unterstützen kann. Zu betonen ist allerdings, dass nicht alle Apps an der gewünschten mentalen Operation orientiert sind und auch die Erfahrungen mit physischen Materialien nicht ausgeschlossen werden sollen. Krauthausen (2012) betont in diesem Zusammenhang sogar, dass Primärerfahrungen mit physischen Materialien notwendig sind, um die Handlungen mit virtuellen Materialien angemessen deuten zu können und Fehlvorstellungen vorzubeugen.

Synchronität und Vernetzung von Darstellungen

Das Potenzial der *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen* meint die Unterstützungsmöglichkeit digitaler Medien in Hinblick auf das Verstehen des Zusammenhangs der drei Repräsentationsformen nach Bruner (1974): enaktive, symbolische sowie ikonische Darstellungen (vgl. Rink & Walter, 2020, S. 20). Ein Wechsel zwischen und innerhalb dieser Darstellungen ist zentral für jegliches Mathematiklernen (vgl. ebd., S. 21), denn „das Bewusstsein der Beziehungen, die durch die Operation erzeugt oder verändert werden“ (Aebli, 1983, S. 220) ist entscheidend für den Aufbau eines Verständnisses mathematischer Inhalte. Das Potenzial von Apps liegt nun darin, dass die verschiedenen Repräsentationsformen zeitgleich dargestellt (Synchronität) sowie aufeinander angepasst werden können (Vernetzung), d. h. eine Veränderung einer Darstellung führt *automatisch* zu einer Anpassung der jeweils anderen Darstellung (vgl. Walter, 2018, S. 51).

Ein Beispiel hierfür wäre die App *Zahlen bis 100* (Urff, o. J.), bei der eine Zahl auf symbolischer Ebene in Form einer Ziffer als auch auf ikonischer Ebene in Form von Plättchen dargestellt werden kann. Nun kann enaktiv veranlasst werden, dass Plättchen hinzugefügt werden sollen, wodurch sich sowohl die ikonische Darstellung der Plättchen als auch die symbolische Schreibweise entsprechend verändert (vgl. Rink & Walter, 2020, S. 22). In diesem Sinne ist es möglich, dass die Darstellungsebenen in Beziehung zueinander gesetzt werden, wodurch ein vertieftes Verständnis des Darstellungswechsels aufgebaut werden kann. Wie bei jeglichen Potenzialen von Apps gilt allerdings auch hier, dass der Einsatz digitaler Darstellungsebenen auf den Lernstand der Schüler*innen und das Lernziel abgestimmt sein muss. So ist es nicht zwangsläufig *immer* lernförderlich, wenn *alle* Darstellungen zu *jedem* Zeitpunkt im Lernprozess dargestellt werden (vgl. ebd., S. 22).

Strukturierungshilfen

Das Potenzial der *Strukturierungshilfen* meint, dass digitale Medien bei der Entwicklung eines Struktursinns unterstützen können (vgl. Walter, 2022, S. 21). Struktursinn meint hier, dass Strukturen und Muster von Objekten erkannt und genutzt werden, was für das Mathematiklernen essenziell ist (vgl. Walter, 2018, S. 51), jedoch vielen leistungsschwächeren Schüler*innen Probleme bereitet (vgl. Rink & Walter, 2020, S. 23). Apps können hier als Strukturierungshilfe wirken, indem unstrukturiert dargestellte Objekte strukturiert werden und unterstützen damit die Entwicklung von Mengen bzw. Vorstellungsbildern (vgl. ebd., S. 24). Dies kann auf zwei Weisen geschehen: Zum einen können Objekte *auf Anfrage* strukturiert werden, indem eine aktive Toucheingabe vorgenommen wird, z. B. in der App *Rechentablett* (Urff o. J.). Hier steht der Prozess der Strukturierung im Vordergrund und das aktive Vornehmen einer Strukturierung bei Schüler*innen kann angeregt werden (vgl. ebd., S. 25). Zum anderen gibt es die

Möglichkeit der *automatischen Strukturierung*, wobei die Objekte stets automatisch in strukturierter Weise durch die Software dargestellt werden, z. B. in der App *Rechenfeld* (Urff, o. J.). Hier liegt der Fokus auf der Anzahlerfassung von strukturierten Objekten (vgl. ebd., S. 25). Abgestimmt auf das Lernziel können die Strukturierungshilfen unterschiedlich im Unterricht eingesetzt werden und den herkömmlichen Unterricht sinnvoll ergänzen.

Rink und Walter (2020) nennen neben den zwei aufgezeigten Strukturierungshilfen von Apps drei weitere Gestaltungsmerkmale von Apps, die den Struktursinn unterstützen können. Dazu gehört die *Umordnung einer geordneten Darstellung*, wodurch aufgezeigt werden kann, dass es verschiedene Anordnungen einer Darstellung von Objekten gibt, die gleichermaßen richtig sind (vgl. ebd., S. 25). Daneben existiert das Gestaltungsmerkmal, dass Objekte durch die Software *exakt* (d. h. an einer für sie vorgesehenen Stelle) *positioniert* werden, wodurch vorgebeugt wird, dass die Objekte z. B. übereinander oder zu nah nebeneinander positioniert werden, wodurch potenzielle Fehldeutungen hervorgerufen werden können (vgl. ebd., S. 25f.). Zuletzt nennen sie das Gestaltungsmerkmal der *geringeren motorischen Beanspruchung*, da die Objekte (z. B. Plättchen) nicht einzeln gegriffen und exakt positioniert werden müssen (vgl. ebd., S. 26). Anzumerken ist hier jedoch, dass die Schüler*innen für erfolgreiches Mathematiklernen wissen müssen, welche reale Handlung hinter der verkürzten virtuellen Handlung steht (vgl. ebd., S. 26). Es wird wieder deutlich, dass die physischen Materialien nicht abgelöst, sondern sinnvoll ergänzt werden sollen.

Multitouch-Bedienung

Das Potenzial der *Multitouch-Bedienung* meint die Möglichkeit eine App mit mehreren Fingern gleichzeitig zu bedienen, so dass mehrere Objekte simultan dargestellt werden können. Diese Technologie kann dabei helfen, ein kardinales Zahlenverständnis – also das Erfassen von Zahlen als Menge – aufzubauen (vgl. Rink und Walter, 2020, S. 26). In der App *Fingerzahlen* (Urff, o. J.) gibt es beispielsweise die Möglichkeit eine durch die App als Ziffer vorgegebene Zahl durch das *gleichzeitige* Berühren des Bildschirms mit *mehreren* Fingern darzustellen (Beispiel: App zeigt „7“, Kind legt 7 Finger auf, App gibt positive Rückmeldung). Welche Finger von welcher Hand dafür benutzt werden ist dabei irrelevant, da lediglich die Anzahl der Finger zählt, die gleichzeitig den Bildschirm berühren. Durch das Zulassen der verschiedenen Darstellungsweisen kann ebenfalls die kardinale Vorstellung von Zahlen unterstützt werden (vgl. Rink & Walter, 2020, S. 27). Ergänzend lässt sich sagen, dass dieses Potenzial nur an Apps, die über Tablets bedient werden, ausgeschöpft werden kann, da hier die Handlungen direkt an virtuellen Objekten vorgenommen werden können – anders als bei Anwendungen über die Maus am Computer (vgl. Walter, 2018, S. 57).

Neben dem Potenzial der Multitouch-Bedienung lassen sich aber auch einige Hürden ausmachen: So nennen Rink und Walter (2020) zum einen die *dynamische Fingerverwendung*, bei der die Schüler*innen die geforderte Anzahl zählend an ihren Fingern ausrechnen und die ausgestreckten Finger anschließend auf den Bildschirm legen. Das birgt die Gefahr, dass allgemein zum zählenden Rechnen angeregt wird (vgl. ebd., S. 28). Zum anderen können Probleme bei der *Verwendung* der Multitouch-Bedienung auftreten, wodurch die Gefahr der Entwicklung von Fehlvorstellungen entsteht. So kann eine App z. B. zu wenig der aufgelegten Finger erkennen, da die einzelnen Finger zu nahe aneinander liegen, oder die App erkennt zu viele Finger, wenn der Handballen den Bildschirm berührt (vgl. ebd., S. 28). Damit das Potenzial der Multitouch-Bedienung also im Unterricht ausgeschöpft werden kann und keine Fehldeutungen/-vorstellungen entstehen, ist eine Vorbereitung hinsichtlich der Bedienung und Nutzung essenziell.

Verlagerung der kognitiven Beanspruchung

Das Potenzial der *Verlagerung kognitiver Beanspruchung* meint, dass Routinetätigkeiten an das digitale Medium abgegeben werden können, wodurch reichhaltige mathematische Aktivitäten fokussiert werden können (vgl. Rink und Walter, 2020, S. 29). Unter reichhaltigen mathematischen Aktivitäten werden dabei die prozessbezogenen Kompetenzen verstanden, deren Entwicklung wie in Kapitel 2.1 beschrieben, ein zentrales Ziel im Mathematikunterricht darstellt.

Das Entdecken von Mustern und Strukturen kann beispielsweise in der App *Rechendreieck* (Urff, o. J.) gefördert werden. Hier können Plättchen in die Innenfelder des Rechendreiecks hinzugefügt, weggenommen und verschoben werden – die Zahlen in den Außenfeldern passen sich entsprechend an (siehe Kapitel 3.4.1 für bildliche Darstellung). Dadurch, dass die App die Kalkülen Rechenprozesse in den drei Außenfeldern übernimmt, können sich die Schüler*innen auf das Beobachten und Entdecken von operativen Zusammenhängen (durch systematisches Variieren von Plättchen innerhalb der drei Innenfelder) konzentrieren (vgl. ebd., S. 29). Dieses Potenzial bietet sowohl für leistungsschwächere als auch für leistungsstärkere Schüler*innen erweiterte Möglichkeiten mathematische Entdeckungen zu machen, die ihnen sonst eventuell verwehrt geblieben wären (vgl. ebd., S. 30). Neben der Übernahme von Kalkülen Rechenprozessen erwähnen Rink und Walter (2020) weitere Varianten der Verlagerung der kognitiven Beanspruchung. Dazu zählen zum einen *auditive* Unterstützungsmöglichkeiten von Sachaufgaben (durch eine Vorlesefunktion) und *visuelle* Unterstützungsmöglichkeiten (durch Animationen der Sachaufgabe mit bewegten Bildern) (vgl. ebd., S. 31).

Wie bei den anderen Potenzialen von Apps gilt auch bei diesem Potenzial, dass es am Unterrichtsziel und den Bedarfen der Schüler*innen angepasst sein muss. Soll es

bevorzugt um die prozessbezogenen Kompetenzen gehen und nicht um das Berechnen von mathematischen Aufgaben, so können Apps mit diesem Potenzial in der ersten Variante (Übernahme Kalküler Rechenprozesse) sinnvoll in den Unterricht integriert werden. Soll es hingegen um die mathematische Bearbeitung einer Sachaufgabe gehen, so können Apps mit diesem Potenzial der beiden anderen Varianten (auditive oder visuelle Unterstützung) sinnvoll eingesetzt werden (vgl. ebd., S. 31).

Informative Rückmeldung

Als letztes Potenzial digitaler Medien führen Rink und Walter (2020) die *informativen Rückmeldungen* an. Das Potenzial der Rückmeldungen liegt darin, dass dieses über rein produktorientiertes Feedback zu Aufgabenbearbeitungen hinausgeht, indem ebenfalls konstruktive und prozessorientierte Hinweise gegeben werden (vgl. Rink und Walter, 2020, S. 31). Neben der bloßen Feststellung eines Fehlers werden demnach auch wertvolle Hinweise gegeben, worin der Fehler besteht und was die mögliche Ursache sein könnte (vgl. ebd., S. 32). Darüber hinaus findet die Rückmeldung ohne Zeitverzögerung statt (vgl. Walter, 2022, S. 22).

Diese Art von Rückmeldung bietet beispielsweise die App *Stellenwerte üben* (Schulz & Walter, o. J.): Hier soll eine gezeigte Zahl verbal in das Mikrofon gesprochen werden. Die App gibt nun nicht nur Auskunft darüber, ob die genannte Zahl richtig oder falsch ist, sondern gibt auch in Ziffernform an, welche Zahl verstanden wurde (vgl. Rink & Walter 2020, S. 32). So wird eine Überlegung über den eigenen Fehler angeregt. Rink und Walter (2020) betonen, dass diese Rückmeldungen von *adaptiven* Rückmeldungen abzugrenzen sind. Adaptive Rückmeldungen weisen computergestützt individuell angepasste Lernaufgaben einzelnen Schüler*innen zu. Derzeitige Apps sind allerdings noch nicht in der Lage, den individuellen Lernstand zu ermitteln und angepasste fachdidaktische Förderangebote zu bieten (vgl. ebd., S. 33). Dieser Aufgabe können nur kompetente Lehrkräfte gerecht werden.

2.4 Herausforderungen beim Einsatz von Apps

Neben den aufgezeigten vielfältigen Gestaltungsmerkmalen von Apps, die zahlreiche Potenziale für den Lehr- und Lernprozess bereithalten, sind jedoch auch Grenzen und Herausforderungen im Kontext des schulischen Einsatzes zu berücksichtigen. Das nun folgende Unterkapitel beleuchtet diese Herausforderungen und stellt zudem Forschungsansätze zur Begegnung vor.

2.4.1 Beschreibung der Herausforderungen

Sofern eine Schule die Grundvoraussetzung der Ausstattung mit digitalen Medien und einem funktionierenden drahtlosen Netzwerk erfüllt (vgl. Aufenanger, 2020, S. 30), ist als erste Herausforderung die große Unsicherheit bei der Integration von Apps im Schulalltag zu nennen. Ein möglicher Grund für diese Unsicherheit ist die nötige und ggf. mangelnde Medienkompetenz – sowohl seitens der Lehrkräfte als auch seitens der Schülerschaft (vgl. Höfler & Kopp, 2018, S. 543). Zum einen müssen sich die Lehrkräfte mit Geräten sowie deren Anwendungen vertraut machen, um diese didaktisch und pädagogisch korrekt im Unterricht einsetzen zu können (vgl. Aufenanger, 2020, S. 38). Zum anderen muss die Schülerschaft lernen, die digitalen Medien richtig zu gebrauchen, so dass die Apps zweckmäßig bedient werden können und das Potenzial von Apps ausgeschöpft werden kann (vgl. Aufenanger, 2020, S. 38).

Hier schließt sich ein weiterer Aspekt an, der zu einer Herausforderung im Umgang mit digitalen Medien werden kann: die Art und Weise, wie Medien im Unterricht eingesetzt werden (vgl. Aufenanger, 2020, S. 35). Es reicht nicht aus, die Apps einfach nur bereitzustellen, da dadurch nicht der angestrebte eigenständige Lernprozess entsteht, sondern vielmehr Frustrations- und Überforderungsgefühle hervorgerufen werden (insbesondere bei leistungsschwächeren Schüler*innen) (vgl. ebd., S. 36). Es ist von zentraler Bedeutung, dass Apps zielgerichtet und reflektiert im Unterricht eingesetzt werden, was wiederum ein vertieftes Verständnis der Funktions- und Wirkungsweisen der Technologien bedarf (vgl. Käpnick & Benölken, 2020, S. 72). Es ist die Aufgabe der Lehrkraft die Apps gewinnbringend in den Unterricht zu integrieren, ohne dass sie als „Trainings- oder Dressurpädagoge“ (Käpnick & Benölken, 2020, S. 72) missbraucht werden.

Ein weiterer Aspekt, der zur Herausforderung im Umgang mit Apps werden kann, ist die Annahme von (manchen) Lehrkräften, dass der Einsatz von digitalen Medien im Unterricht die haptischen Erfahrungen mit Arbeitsmaterialien ausschließen würde (vgl. Ladel, 2018, S. 3). Digitale Medien bzw. Apps sollen allerdings *nicht*, wie in Kapitel 2.2 bereits herausgestellt, die physischen Materialien ablösen. Vielmehr geht es darum, dass die virtuellen Materialien mit den physischen Materialien sinnvoll in Beziehung zueinander gebracht werden, so dass zahlreiche Lehr- und Lernmöglichkeiten entfaltet werden können (vgl. ebd., S. 3). Dieses Verständnis im Bewusstsein der Lehrkräfte zu etablieren ist demnach essenziell.

Als letzte Herausforderung für den Einsatz von Apps im Unterricht ist das große Angebot an (Mathematik-)Apps und der zugleich mangelnden Such- bzw. Filterungsoptionen der Auswahl von Apps für einen bestimmten Unterrichtszweck zu nennen (vgl. Walter, 2022, S. 22). Da die Bedeutung von digitalen Medien bzw. Apps auch in der Bildungspolitik einen zentralen Stellenwert zugesprochen bekommen hat, ist anzunehmen, dass das Angebot an Apps in den nächsten Jahren noch weiter ansteigen wird. Die AppStores

beinhalten jedoch (noch) keine erfolgsversprechende Suchroutine für das Auswählen von didaktisch fundierten Apps (vgl. Krauthausen et al., 2020, S. 4). Derzeit sind Mathematikapps in der Rubrik *Bildung* neben Apps anderer Fachrichtungen verortet (vgl. Walter, 2022, S. 22). Lediglich Sternbewertungen oder ausformulierte Rezensionen können innerhalb der AppStores eine Hilfestellung bieten. Das ist allerdings problematisch, da diese Bewertungsmechanismen keinen zwingenden Bezug zur fachdidaktischen Qualität einer App haben (vgl. ebd., S. 22). Lehrkräfte sind demnach bei der Auswahl von Apps größtenteils auf Fachliteratur, Lehrerzeitschriften und Empfehlungen von Kolleg*innen angewiesen (vgl. Krauthausen et al., 2020, S. 4).

2.4.2 Ansätze aus fachdidaktischer Forschung

Wie im bisherigen Verlauf dieses Kapitels aufgezeigt, ist eine angemessene fachdidaktische Auswahl von Mathematikapps sowie dessen begründeter Einsatz im Unterricht von zentraler Bedeutung, was zugleich eine große Herausforderung für Lehrkräfte darstellt. In der fachdidaktischen Forschung gibt es verschiedene Ansätze, um Lehrkräfte bei dieser Problematik zu unterstützen. Zum einen engagieren sich vereinzelte Didaktiker*innen in der Entwicklung von Mathematikapps, die speziell für den Einsatz in der Grundschule gedacht sind und viele mathematikdidaktische Potenziale (siehe Kapitel 2.2.1) berücksichtigen (vgl. etwa Kortenkamp, 2021; Etzold, 2021; Urff, o. J.). Zum anderen liegt ein weiteres Forschungsfeld in der Erstellung von Kriterienkatalogen für die Beurteilung von bereits bestehenden Mathematikapps (vgl. etwa PIKAS-Team, 2020; Platz, 2019; Urlen, 2018; Bonow et al., 2022). Diese sollen Lehrkräften eine Unterstützung bieten, um aus dem umfangreichen Angebot an Apps die passende App für das jeweilige Unterrichtsziel auszuwählen (vgl. Krauthausen et al., 2020, S. 4). Dabei werden je nach Autor*in divergente Ansätze verfolgt und entsprechend andere Kriterien für die Beurteilung festgelegt. Diese Kriterienkataloge legen ein Schema für Lehrkräfte bereit, um Apps eigenständig kriteriengeleitet für ihr eigenes Unterrichtsvorhaben untersuchen zu können. Walter und Schwätzer (2023) gehen mit ihrem Projekt „Mapps.de“ einen Schritt weiter, indem eine Datenbank speziell für Mathematik-Apps für die Grundschule erstellt wurde, in der mathematikdidaktische Akteure kriteriengeleitete Analysen von Apps durchführen und diese auf einer Projektwebsite zur Verfügung stellen (<https://mapps.de/>). Dadurch ist es Lehrkräften möglich, Apps zu vergleichen und geeignete Apps für ihren Mathematikunterricht herauszufiltern. Die Datenbank umfasst derzeit 134 Mathematik-Apps (Stand 07/23), wobei sie dynamisch ist und weiter wachsen soll (vgl. ebd., S. 21). Die Analyse der Apps wird von den Mathematikdidaktiker*innen mithilfe eines Analyseinstrumentes durchgeführt, welches auf vier Analyseschwerpunkte basiert: Oberflächenmerkmale, Inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen, Lernprozessegmentzuordnung sowie Potenziale für das

Mathematiklernen (vgl. ebd., S. 8). Diese Analyseschwerpunkte bilden eine zentrale Grundlage der folgenden empirischen Studie und wurden im Kontext des vorangegangenen theoretisch-konzeptuellen Hintergrundes allesamt bereits erläutert.

3 Aufbau der empirischen Studie

In diesem Kapitel werden die der empirischen Studie zugrundeliegenden methodischen Aspekte vorgestellt. Dafür wird zunächst die Forschungsfrage aus dem theoretischen Rahmen dieser Arbeit hergeleitet und erläutert. Im Anschluss wird im Forschungsdesign dargestellt, wie die Forschungsfrage empirisch untersucht werden soll. Als nächstes folgt die Darlegung der empirischen Datenerhebungsmethode, indem die teilnehmenden Schulen vorgestellt werden, die ausgewählten Mathematik-Apps für die Studie aus fachdidaktischer Sicht hinsichtlich der dargestellten Gestaltungsmerkmale und Potenziale erläutert werden und das Instrument der Datenerhebung beschrieben wird. Abschließend wird in diesem Kapitel die Technik der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring vorgestellt, da diese im Rahmen der vorliegenden Arbeit als Auswertungsmethode verwendet wird.

3.1 Forschungsfrage

Aus den im theoretischen Hintergrund beschriebenen Studien und Erkenntnissen, lässt sich festhalten, dass Apps eine Vielzahl von Gestaltungsmerkmalen besitzen, die Potenziale für die Anwendung im Mathematikunterricht bieten (vgl. Rink & Walter, 2020; Walter, 2018; Krauthausen, 2012; Ladel, 2018). Eine wichtige Grundlage zur Nutzung der Potenziale ist, dass die Apps angemessen, d. h. abgestimmt auf das Unterrichtsziel und die Bedarfe der Schüler*innen, in den Mathematikunterricht integriert werden und als Ergänzung zu physischen Materialien gesehen werden (vgl. Krauthausen, 2020; Rink & Walter, 2020). Aus der aktuellen Studienlage (etwa TIMSS 2015) ergibt sich jedoch, dass die Mehrheit der Lehrkräfte digitale Medien bzw. Apps nicht regelmäßig im Unterricht anwenden (vgl. Walter, 2018, S. 23). Das kann an unterschiedlichen Faktoren liegen – im Rahmen dieser Arbeit wird der Fokus auf mangelnde Optionen zur Filterung des Angebotes gelegt, wodurch es für Lehrkräfte sehr schwer und aufwendig ist, eine geeignete App für ihren Mathematikunterricht auszuwählen.

Zur Lösung dieser Problematik konzentriert sich die vorliegende Forschung auf die Perspektive der Lehrpersonen als Anwender*innen, indem die Bewertungen und

Vorstellungen von Lehrkräften bezüglich des Einsatzes von Apps im Unterricht untersucht werden: „Um eine nennenswert verbreitete und v.a. nachhaltige Integration digitaler Medien [...] realistisch werden zu lassen, muss zu allererst das K.O.-Kriterium jeder Reform sichergestellt werden – nämlich diejenigen `mitzunehmen`, die diese Reform maßgeblich umsetzen sollen: die Lehrerinnen und Lehrer der Grundschule!“ (Krauthausen, 2020, S. 55). Entsprechend ist es elementar, die fachdidaktische Perspektive mit der praxisorientierten Perspektive zu verknüpfen. Genau an dieser Stelle setzt die vorliegende empirische Studie an, mit dem Ziel folgende Fragestellung zu beantworten:

Welche Gestaltungsmerkmale sollten Mathematik-Apps für die Grundschule aufweisen, damit Lehrkräfte diese in ihrem Unterricht einsetzen würden?

Das Ziel der Forschung ist es, konkrete praxisorientierte Kriterien von Mathematik-Apps zu definieren, die aus Sicht von Lehrkräften von einer App erfüllt werden müssen. Dies soll die Möglichkeit eröffnen, Apps in Zukunft dahingehend einzustufen, inwiefern sie *potenziell unterrichtsgerecht* sind. Um die zentrale Forschungsfrage beantworten zu können, werden weitere Unterforschungsfragen gestellt, die durch die empirische Studie untersucht werden sollen:

- a. *Welche Gestaltungsmerkmale werden von Lehrkräften in den sechs Apps Conni Mathe 1. Klasse, Rechenfeld, Einspluseins, Mathe 1 Klasse Lite, Mathe Land: Lernen Kopfrechnen und Rechendreieck erkannt?*
- b. *Inwiefern werden die erkannten Gestaltungsmerkmale der Apps aus Sicht von Lehrkräften als bereicherndes Element für den Mathematikunterricht eingeschätzt?*

Mit diesem gesamthaften Forschungsansatz soll das Mapps-Projekt von Walter und Schwätzer (2023) insofern unterstützt werden, als Mathematik-Apps (sowohl aus der bereits bestehenden Datenbank als auch potenzielle Neuaufnahmen) anhand der definierten Kriterien hinsichtlich ihrer Unterrichtseignung analysiert werden können. Somit soll Lehrkräften die Auswahl von Mathematik-Apps für den Unterricht erleichtert werden, indem die Vielzahl an Apps hinsichtlich ihrer Unterrichtseignung wissenschaftlich fundiert vorgefiltert wird.

3.2 Forschungsdesign

Die empirische Studie wird als Querschnittsdesign mithilfe einer qualitativen Untersuchung durchgeführt. Durch die qualitative Untersuchung soll ein Ausschnitt aus einer realen Schulwelt betrachtet werden und eine Entdeckung von Theorieaussagen (praxisorientierte Kriterien einer Mathematik-App) anhand der empirischen Antworten

von Lehrkräften ermöglicht werden (vgl. Brüstemeister, 2008, S. 9). Dabei bezieht sich die Forschung auf Lehrkräfte von sieben verschiedenen Grundschulen, die sich bereit erklärt haben an dieser Studie teilzunehmen. Die teilnehmenden Lehrkräfte dieser Schulen stehen somit der Studie als Referenz zur Verfügung. Dabei können sie unterschiedliche Klassenstufen im Bereich Mathematik unterrichten sowie einen unterschiedlichen fachlichen Hintergrund im Bereich Mathematik besitzen.

Als Erhebungsmethode dient eine schriftliche Befragung mittels eines digital erstellten Fragebogens, wodurch subjektive Einschätzungen und Einstellungen von Lehrkräften bezüglich digitaler Medien gesammelt werden können (vgl. Aepli et al., 2014, S. 164). Zudem ist für die Beantwortung des Fragebogens das Anschauen und Ausprobieren von sechs verschiedenen Mathematik-Apps (über ein bereitgestelltes iPad) vorgesehen, weshalb eine schriftliche Erhebung gewählt wurde. So haben die Lehrkräfte die Möglichkeit, während der Bearbeitung der Fragen durchgängig auf die Apps zuzugreifen und unmittelbare Eindrücke und Beobachtungen festzuhalten, die zur Bereicherung der Antworten beitragen können. Der Fragebogen besteht größtenteils aus offenen Frageformen (vgl. ebd., S. 167). Diese sollen dazu dienen, den Lehrkräften eine individuelle Vielfalt in ihren Antworten zu gewähren, um daraus Kriterien zur Beantwortung der Forschungsfrage ableiten zu können (vgl. ebd., S. 168). Für diesen Ableitungsprozess wird die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2022) angewendet. Hiermit können die Antworten systematisch analysiert werden, indem das Material schrittweise kategorisiert wird.

3.3 Stichprobe

Im Folgenden werden die Schulen der Untersuchungsteilnehmer*innen dargestellt, um einen Überblick über die Lehrumstände der Lehrkräfte zu erhalten.

Von der Universität Duisburg-Essen wurden zur Durchführung der vorliegenden empirischen Studie vier iPads bereitgestellt. Drei der iPads wurden über mehrere Wochen fest an jeweils einer Schule hinterlegt, während das vierte iPad an weiteren Grundschulen rotierte. Insgesamt konnten durch dieses Vorgehen Meinungen von insgesamt sieben verschiedenen Schulen eingeholt werden. Die Schulen der Lehrkräfte befinden sich im Raum Nordrhein-Westfalen: Duisburg-Mitte, Ratingen, Mülheim an der Ruhr, Rheinberg und Voerde. Das Einzugsgebiet der Schulen ist somit sehr unterschiedlich – es reicht von Gebieten mit hoher kultureller und sozialer Diversität bis hin zu Gebieten mit weniger Diversität. Durch die lokal unterschiedlichen Gegebenheiten gewinnt die Studie an Repräsentativität, da heterogene Rahmenbedingungen einbezogen werden, die die Einstellungen und Bewertungen von Lehrkräften beeinflussen können (vgl. Aepli et al.,

2014, S. 143). Jede dieser Schulen ist digital ausgestattet und besitzt dementsprechend iPads (Anzahl je Schule unterschiedlich) für den Einsatz im Unterricht.

3.4 Datenerhebungsmethode: Schriftliche Befragung mit Lehrkräften

In diesem Unterkapitel soll die Datenerhebungsmethode der empirischen Studie tiefergehend beschrieben werden. Dafür werden zunächst die Apps, die für die Beantwortung des Fragebogens vorgesehen sind, erläutert, indem die verschiedenen Gestaltungsmerkmale unter der fachdidaktischen Perspektive herausgearbeitet werden. Zuletzt wird der Fragebogen, welcher der schriftlichen Befragung zugrunde liegt, detailliert dargelegt.

3.4.1 Fachdidaktische Analyse der ausgewählten Apps

Die Apps, die die Grundlage der vorliegenden Studie darstellen, wurden von den Mathematikdidaktikern und Entwicklern der App-Datenbank des Mapps-Projekts Walter und Schwätzer (2023) ausgewählt. Konkret beinhaltet die Untersuchung sechs Apps, die u. a. im iOS AppStore erhältlich sind: *Conni Mathe 1. Klasse*, *Rechenfeld*, *Einspluseins*, *Mathe 1. Klasse Lite*, *Mathe Land: Lernen Kopfrechnen* und *Rechendreieck* (vgl. Walter & Schwätzer, o. J.). Im Folgenden werden die Apps zur Vereinfachung wie folgt genannt: *Conni*, *Rechenfeld*, *Einspluseins*, *Mathe Lite*, *Mathe Land* und *Rechendreieck*. Die Preisgestaltung geht von kostenlos (*Mathe Lite*, *Mathe Land*), über 0,95 Euro (*Rechenfeld*) und 1,49 Euro (*Einspluseins*, *Rechendreieck*) bis 4,99 Euro (*Conni*) (alle Preise einmalig). Alle Apps thematisieren (mindestens) die Addition im Zwanzigerraum und sind damit für Kinder aus der ersten Klassenstufe angedacht. Die Auswahl bildet dabei unterschiedliche Arten von Apps ab (Arbeitsmittel, Aufgabenformat und Apps zur Automatisierung), die in der Analyse berücksichtigt werden sollen. Unter Bezug auf den theoretischen Grundlagenteil der vorliegenden Arbeit sollen nun die unterschiedlichen Gestaltungsmerkmale herausgearbeitet werden. Die Analyse findet in Anlehnung an Walter und Schwätzer (o. J.) statt, die die Apps im Rahmen des Mapps-Projektes bereits aus fachdidaktischer Perspektive untersucht haben.

Die App *Rechenfeld* stellt ein *Arbeitsmittel* dar, welches vom Mathematikdidaktiker Urff (o. J.) entwickelt wurde. Auf Ebene der oberflächlichen Gestaltung einer App, weist sie das Merkmal auf, dass sie auf den wesentlichen mathematischen Inhalt reduziert ist und damit auf irrelevante gestalterische Zusätze (wie visuelle und auditive Effekte) verzichtet. Hierbei können Rechenaufgaben mithilfe eines Zehnerfeldes, Zwanzigerfeldes oder

Hunderterfeldes sowie farblichen Plättchen und zusätzlichen Funktionen (wie Abdeckfelder, Tauschaufgaben, Sprachausgabe) dargestellt werden (vgl. Urff, o. J.). Da die Aufgaben lediglich visuell dargestellt und verändert werden können, aber nicht selbst ausgerechnet werden müssen, gibt es in dieser App keine Belohnungsmechanismen.

Auf Ebene der Unterrichtsorganisation ist festzuhalten, dass in der App unterschiedlichste Rechenaufgaben bis 1000 in Form von Plättchen in Hunderterfeldern dargestellt werden können und damit ein großer Materialvorrat an Aufgaben für die Grundschüler*innen vorhanden ist (siehe Abb. 2). Die Aufgaben lassen sich jedoch nicht speichern und für nachfolgende Anliegen dokumentieren. Auf Ebene der Mathematikdidaktik lassen sich in der App ein Großteil der Potenziale (Passung zwischen Handlung und mentaler Operation, Synchronität und Vernetzung von Darstellungen, Strukturierungshilfen, Multitouch-Bedienung, Verlagerung kognitiver Beanspruchung) wiederfinden. Lediglich das Potenzial der informativen Rückmeldung ist kein Bestandteil der App, da die App als *Arbeitsmittel* keine eigenen Berechnungen anbietet.

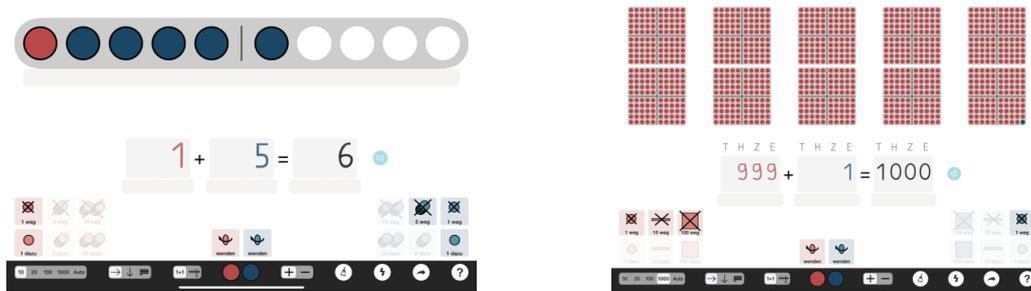


Abb. 2: App *Rechenfeld* - Übersicht von Darstellungen und Rechenaufgaben

Die App *Rechendreieck*, welche ebenfalls vom Mathematikdidaktiker Urff (o. J.) entwickelt wurde, stellt ein *Aufgabenformat* dar, bei welchem Rechenaufgaben an einem Rechendreieck veranschaulicht werden können. Wie bereits beispielhaft in Kapitel 2.3.3 beschrieben, können Plättchen in die Innenfelder hinzugefügt und verschoben werden, während sich die Außenfelder durch die Software automatisch berechnen (siehe Abb. 3). Auch diese App verzichtet auf Ebene der oberflächlichen Gestaltung auf irrelevante gestalterische Zusätze und bietet damit die Möglichkeit sich auf den mathematischen Inhalt zu konzentrieren. In diesem Zusammenhang finden hier ebenfalls keine Belohnungsmechanismen statt. Auf unterrichtsorganisatorischer Ebene ist der nahezu unbegrenzte Materialvorrat an Plättchen zu erwähnen, da die Anzahl hinzugefügter Plättchen von den Schüler*innen beliebig wählbar ist (abgesehen von der Aufgabenstellung der Lehrperson). Da der Fokus der App auf mathematikdidaktischer Ebene auf dem entdeckenden Lernen von operativen Veränderungen sowie dem flexiblen Rechnen und Denken liegt, gibt es hier keine Strukturierungshilfen (d. h. die Plättchen können individuell in die Innenfelder hinzugefügt werden) und auch keine informativen Rückmeldungen, da es wie bei der App *Rechenfeld* keine zu berechnenden Aufgaben innerhalb der App gibt (siehe

Abb. 3). Die sonstigen mathematikdidaktischen Potenziale sind in der App implementiert (siehe Kapitel 2.3.3).

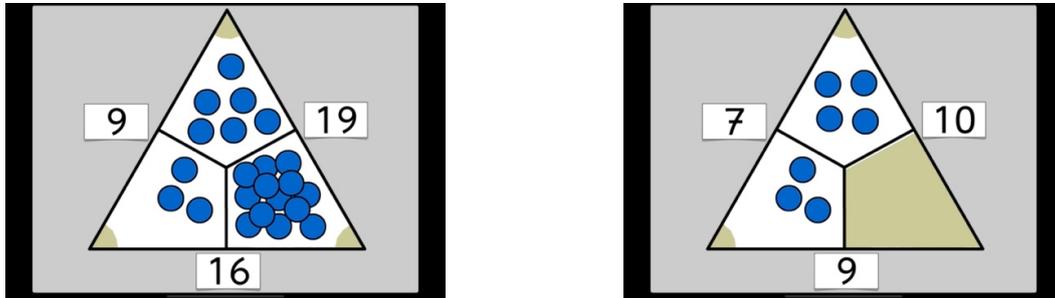


Abb. 3: App *Rechenfeld* - Gestaltung und Funktionsmöglichkeiten

Die anderen vier Apps (*Conni*, *Einspluseins*, *Mathe Lite*, *Mathe Land*) können der Art des *Übens und Automatisierens* zugeordnet werden (siehe Kapitel 2.2.1), wobei sie jedoch unterschiedliche Merkmale und Potenziale aufweisen. Auf Ebene der oberflächlichen Gestaltung ist festzuhalten, dass nur die App *Einspluseins* – auch vom Mathematikdidaktiker Urff (o. J.) entwickelt – auf den mathematischen Inhalt reduziert ist. In den anderen drei Apps finden sich viele visuelle und akustische Elemente wieder. In der App *Mathe Land* steht z. B. deutlich der Spielcharakter im Vordergrund, sie ist wie ein Abenteuerspiel aufgebaut: Es gibt eine Spielfigur eines Piraten, mit der verschiedene Inseln u. a. durch Matheaufgaben (siehe Abb. 4) freigeschaltet werden müssen. Zusätzlich können Münzen, Medaillen, Edelsteine und Ferngläser gesammelt werden. Dazu spielt permanent eine Hintergrundmusik, die manuell ausgeschaltet werden kann.



Abb. 4: App *Mathe Land* - Gestaltung und Rechenaufgaben

Alle der vier Apps bieten Belohnungsmechanismen an, welche auf unterschiedliche Weise vermittelt werden: In den drei Apps *Conni*, *Mathe Lite* und *Mathe Land* folgt eine Rückmeldung nach *jeder* bearbeiteten Aufgabe in Form von Punkten, Animationen und Tönen. In der App *Einspluseins*, in der gezielte Aufgaben für das Automatisieren des 1+1 und 1-1 gestellt werden, folgt u. a. eine *zusammenfassende* Rückmeldung nach der Bearbeitung eines gesamten Aufgabensatzes (siehe Abb. 5).

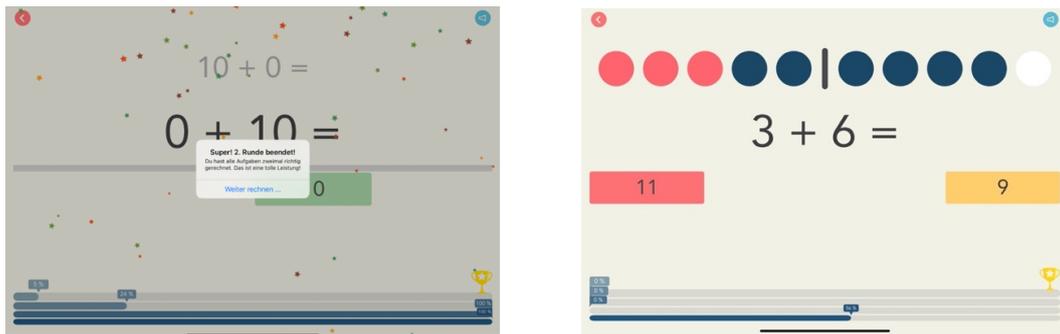


Abb. 5: App *Einspluseins* - Belohnungsmechanismen und Darstellungsebenen

Auf Ebene der Unterrichtsorganisation ist bei allen vier Apps der unbegrenzte Vorrat an Aufgaben implementiert. Es wird eine Vielzahl an mathematische Aufgaben gestellt, die beliebig oft wiederholt werden können. Durch die Apps ist es demnach möglich, ein großes Angebot an mathematischen Berechnungen bereitzustellen. Auf Ebene der Mathematikdidaktik werden jedoch nur Potenziale in der App *Einspluseins* realisiert. Hier gibt es Strukturierungshilfen, indem die Rechenaufgabe auf Wunsch neben der symbolischen Schreibweise auch in Form von Plättchen auf einem Zehner- bzw. Zwanzigerfeld dargestellt wird. Zudem gibt es bei einer falschen Antwort eine informative Rückmeldung, indem die Rechenaufgabe (auch wenn die Veranschaulichung ausgeschaltet ist) durch Plättchen dargestellt wird.

Damit die mathematischen Aufgaben, die in den Apps vorzufinden sind, differenzierter betrachtet werden können, werden diese in die Übungsmatrix nach Wittmann (siehe Kapitel 2.4.1) eingeordnet. Da nur die vier zuletzt genannten Apps (*Einspluseins*, *Conni*, *Mathe Lite*, *Mathe Land*) Rechenaufgaben enthalten, werden im Folgenden nur diese Apps betrachtet. In diesem Zusammenhang lässt sich festhalten, dass alle enthaltenen Aufgaben ohne Strukturzusammenhang gestellt werden und sich lediglich im Grad der Abstraktion unterscheiden. Die drei Apps *Einspluseins*, *Conni* und *Mathe Lite* enthalten sowohl gestützt-unstrukturierte Aufgaben als auch formal-unstrukturierte Aufgaben (siehe Abb. 5, 6, 7), während die App *Mathe Land* ausschließlich formal-unstrukturierte Aufgaben enthält (siehe Abb. 4). Die Apps bieten damit unterschiedliche Möglichkeiten im Lernprozess eingesetzt zu werden.

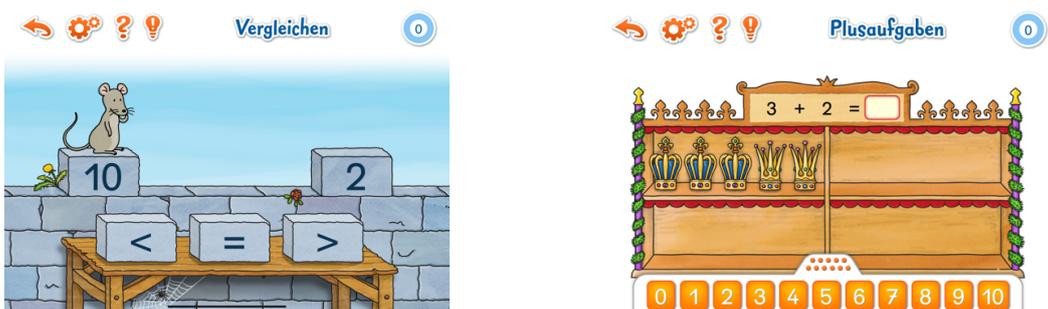


Abb. 6: App *Conni* - Beispiel an formal-unstrukturierten und gestützt-unstrukturierten Aufgaben

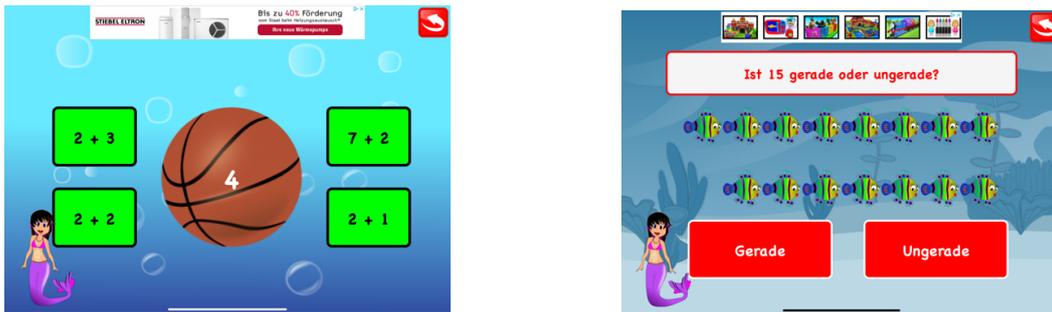


Abb. 7: App *Mathe Lite* - Beispiel an formal-unstrukturierten und gestützt-unstrukturierten Aufgaben

Je nach der Ausgestaltung aller sechs Apps kann zuletzt noch erwähnt werden, ob sich die Apps für die prozessbezogenen Kompetenzbereiche der Bildungsstandards (siehe Kapitel 2.1) eignen. Aus der Datenbank von Walter und Schwätzer (o. J.) ist zu entnehmen, dass dies nur für die zwei Apps *Rechenfeld* und *Rechendreieck* der Fall ist. Aufgrund ihrer Art als Arbeitsmittel und Aufgabenformat sind diese sehr flexibel im Unterricht einsetzbar und können durch zusätzliche Aufgaben der Lehrkraft für die Entwicklung der prozessbezogenen Kompetenzen eingesetzt werden.

Aus dieser fachdidaktischen Analyse lässt sich festhalten, dass die sechs untersuchten Apps verschiedene App-Arten abbilden und dabei verschiedene Gestaltungsmerkmale aufweisen, wodurch das Potenzial zum Einsatz im Mathematikunterricht aus fachdidaktischer Sicht differiert. Durch die Umfrage mit Lehrkräften sollen nun Kriterien zur Auswahl einer App für den Einsatz im Mathematikunterricht der Grundschule herausgearbeitet werden. Die vorgestellte Charakterisierung der Apps bildet dafür eine fachdidaktische Orientierung, um geeignete Fragen für die Untersuchung zu formulieren und die Antworten der Lehrkräfte angemessen auswerten zu können. Die ausgewählten Apps stellen für die Lehrkräfte eine beispielhafte Stütze für die Beantwortung des Fragebogens dar.

3.4.2 Konstruktion des Fragebogens

Die gewählte Fragebogenerhebung ermöglicht es, ein breites Spektrum an Informationen über die Meinungen und Bewertungen aus der Perspektive von Lehrkräften bezüglich der ausgewählten Apps zu erheben. Damit dieses Ziel erreicht wird, wird auf eine visuell ansprechende Gestaltung des Fragebogens geachtet. Zudem enthält der Fragebogen alle benötigten Informationen und detaillierte Handlungsanweisungen, da die Untersuchungsteilnehmer*innen während der Beantwortung auf sich gestellt sind und keine Rückfragen stellen können (vgl. Aepli et al., 2014, S. 171). Der Aufbau des Fragebogens gliedert sich in drei Teile:

Der erste Teil stellt die Einleitung und Instruktion dar (vgl. ebd., S. 172). Dieser Teil richtet sich an die Lehrkräfte und stellt alle nötigen Informationen bereit, die für die Beantwortung des Fragebogens nötig sind (siehe Anhang 1.1). Der zweite Teil erfasst die Daten zur Person und Schule der teilnehmenden Lehrkraft. Diese Fragen sind für eine angenehme und schnelle Beantwortung hauptsächlich in Form von Single bzw. Multiple Choice gestellt (vgl. Aepli et al. 2014, S. 169). Von Interesse ist hier das Geschlecht, das Alter, der fachliche Hintergrund im Bereich Mathematik sowie die Angabe der Schule, die Beschreibung der Lernumgebung der Schule, die unterrichteten Klassenstufen und die Häufigkeit der Anwendung von Mathematik-Apps im Unterricht (siehe Anhang 1.1). Durch diese Angaben werden die Teilnehmer*innen und die Schulen transparenter und es können möglicherweise Zusammenhänge zwischen dem Hintergrund der Lehrkraft und der Meinung bzw. Bewertung von Apps hergestellt werden. Im dritten und letzten Teil des Fragebogens befindet sich der eigentliche inhaltliche Kern der Studie. Hier werden die Fragen offen gestellt, damit Lehrkräfte ihre Meinung in ihren eigenen Worten äußern können und das Forschungsziel (das Finden von Kriterien aus Sicht von Lehrkräften) verfolgt werden kann. Die inhaltliche Grundlage für die Fragen bildet der Kriterienkatalog nach Walter und Schwätzer (2023), der eine reichhaltige Übersicht über die vier Analyseschwerpunkte aus fachdidaktischer Perspektive bietet: Oberflächenmerkmale, inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen, Lernprozessegmentzuordnung, Potenziale für das Mathematiklernen (siehe Kapitel 2.4.2). Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, Kriterien aus *Sicht der Lehrkräfte* zu definieren und setzt dabei auf dem beschriebenen fachdidaktischen Hintergrund auf, da sich Theorie und Praxis gegenseitig bedingen. Demzufolge wird zu jedem fachdidaktischen Analyseschwerpunkt eine offene Frage gestellt (siehe Anhang 1.1). Umrahmt werden diese vier Schwerpunktfragen durch eine offene Einleitungsfrage (erster Eindruck über die Eigenschaften der Apps) und eine abschließende Frage in Bezug auf etwaige Verbesserungsmöglichkeiten. Dadurch können generelle Eindrücke und Vorschläge gesammelt werden, die Aufschluss darüber geben, was den Lehrkräften an einer App wichtig ist. Insgesamt umfasst der inhaltliche Teil der Fragebogenerhebung demzufolge sechs offen gestellte Fragen, welche sich jeweils auf alle sechs Apps beziehen, d. h. die Apps werden nicht einzeln abgefragt, sondern können durch die Lehrperson für die Beantwortung der Fragen individuell herangezogen werden.

3.5 Datenauswertungsmethode: Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring

Für die Auswertung der Ergebnisse wird ein analytisches Verfahren in Form der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2022) angewendet. Dieses Verfahren ermöglicht es, sprachliches Material (z. B. Interviews, Tweets, Videos) entlang

definierter Schritte und Regeln kontrolliert und systematisch zu analysieren. Ziel dieser Vorgehensweise ist die Entwicklung von begründeten Kategorien (vgl. ebd., S. 84). Zunächst sieht Mayring (2022) dafür vor, das Material und die Fragestellung für die Analyse festzulegen. In diesem Fall wird die Analyse für die schriftlichen Antworten der Lehrkräfte durchgeführt, um aus diesen Antworten Kategorien aufzustellen, die sich auf *alle* Gestaltungsmerkmale einer App beziehen, die von Lehrkräften erkannt werden. Somit wird mit der Analyse zunächst die erste Unterforschungsfrage der vorliegenden Arbeit fokussiert (siehe Kapitel 3.1). Bei der Vorgehensweise unterscheidet Mayring zwischen zwei unterschiedlichen Ansätzen – dem *deduktiven* und dem *induktiven* Ansatz der Kategorienbildung (vgl. ebd., S. 84). Bei der deduktiven Kategorienentwicklung sind die Kategorien durch Voruntersuchungen aus dem bestehenden Forschungsstand vordefiniert und werden dem empirischen Material zugeordnet. Bei der induktiven Kategorienbildung werden die Kategorien direkt aus dem empirischen Material durch einen Reduktionsprozess abgeleitet bzw. entwickelt (vgl. ebd., S. 84). In der vorliegenden Studie wird der Ansatz der induktiven Kategorienbildung verfolgt, da das Forschungsfeld, inwiefern Apps aus der Sichtweise von Lehrkräften potenziell unterrichtsgerecht sind, noch wenig beforscht ist. In diesem Sinne werden die Kategorien direkt aus den schriftlichen Antworten der Lehrkräfte entwickelt. Da sich Inhalt und Struktur des Fragebogens jedoch am Kontext des Mappa-Projekts und an allgemein fachdidaktischen Überlegungen orientieren, enthält die Kategorienbildung auch zielgerichtete und somit deduktive Elemente. Neben dem Ansatz der Vorgehensweise unterscheidet Mayring (2022) zudem zwischen drei verschiedenen *Techniken*, die bei einer qualitativen Inhaltsanalyse angewendet werden können – Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung. Da die vorliegende Arbeit sich auf die induktive Kategorienbildung bezieht und das empirisch gesammelte Material auf das Wesentliche reduzieren möchte, handelt es sich hierbei um eine Inhaltsanalyse, die die Technik der *Zusammenfassung* anwendet (vgl. ebd., S. 66). Da sich die vorliegende Arbeit auf diese Technik beschränkt, wird auf die Erklärung der beiden anderen Techniken verzichtet. Für diese Kategorienbildung sieht Mayring ein „allgemeines inhaltsanalytisches Ablaufmodell“ (ebd., S. 68) vor, welches sieben Schritte verfolgt (vgl. ebd., S. 69):

1. Schritt: Analyseeinheit bestimmen
2. Schritt: Textstellen paraphrasieren
3. Schritt: Abstraktionsniveau festlegen
4. Schritt: Erste Reduktion
5. Schritt: Zweite Reduktion
6. Schritt: Zusammenfassung der neuen Aussagen als Kategoriensystem
7. Schritt: Rücküberprüfung.

Diese Schritte sollen in der vorliegenden Studie für die Auswertung der Daten angewendet werden, weshalb sie im nächsten Kapitel mit Bezug zur vorliegenden Studie

nähergehend beschrieben werden. Dieses Vorgehen ermöglicht es, die Aussagen der Lehrkräfte auf ein überschaubares Maß gekürzt werden und Kategorien zu bilden, anhand derer abschließend die Forschungsfrage der Arbeit beantwortet werden kann. Bei der Anwendung des Ablaufmodells wird darauf geachtet, dass die Schritte individuell auf das vorliegende Material und die Fragestellung angepasst sein müssen, und damit vom vorgesehenen Plan abweichen können (vgl. ebd., S. 60).

4 Darlegung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der empirischen Studie generiert, vorgestellt und diskutiert. Dafür werden die aus der Fragebogenerhebung hervorgegangenen Antworten von Lehrkräften durch die obig beschriebene qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2022) ausgewertet und die Ergebnisse in Form von Kategorien detailliert dargestellt. In diesem Kontext findet die Beantwortung der zwei Forschungsunterfragen statt. Im Anschluss werden die Ergebnisse vor dem wissenschaftlichen und fachdidaktischen Hintergrund diskutiert.

4.1 Generierung der Ergebnisse

Bevor das obig beschriebene Ablaufschema der Zusammenfassung nach Mayring (2022) für die gewonnenen Antworten von Lehrkräften aus der Fragebogenerhebung angewendet wird, soll das Material kurz vorgestellt werden.

An der vorliegenden Studie haben sich insgesamt 16 Lehrkräfte von unterschiedlichen Grundschulen (siehe Kapitel 3.3) beteiligt. Somit liegen der Analyse 16 schriftliche Antworten von Lehrkräften zugrunde, welche aufgrund der Online-Fragebogenerhebung digital vorliegen. Diese umfassen insgesamt 14 Antworten von weiblichen und zwei Antworten von männlichen Lehrkräften, welche sich in einem Alter von 22 bis 43 Jahren befinden. Zudem geben die Lehrkräfte überwiegend an, Mathematik auf Lehramt studiert zu haben. Nur drei Lehrkräfte unterrichten Mathematik fachfremd. Die Verteilung der unterrichteten Klassenstufen ist dabei sehr durchmischt und von der ersten bis zur vierten Klasse in einem ähnlichen Verhältnis. Eine weitere Information, die aus der Umfrage entnommen werden konnte und damit den Hintergrund des Ausgangsmaterials näher beschreibt, ist die bisherige Häufigkeit der Verwendung von Mathematik-Apps im Unterricht. So geben die meisten teilnehmenden Lehrkräfte an, nur selten oder gelegentlich Apps einzusetzen, während nur zwei der Lehrkräfte häufig auf Apps zurückgreifen. Zuletzt ist an dieser Stelle noch zu erwähnen, dass einige Lehrkräfte ihre

Antworten in ganze Sätze formuliert haben, während andere Stichpunkte bevorzugt haben (siehe Anhang 1.2)

Der erste Schritt nach Mayring (2022) ist die Bestimmung der Analyseeinheiten. Die Analyseeinheit setzt sich dabei aus Kodier-, Kontext-, und Auswertungseinheit (vgl. ebd., S. 60) zusammen. Die Kodiereinheit legt den kleinsten Materialbestandteil fest, der ausgewertet wird und unter eine Kategorie fallen kann. Die Kontexteinheit stellt den größten Materialbestand dar, der unter eine Kategorie fallen kann und die Auswertungseinheit legt fest, welche Texte analysiert werden sollen (vgl. ebd., S. 60). Die Auswertungs- und Kontexteinheit fallen im Rahmen der vorliegenden Arbeit zusammen, da die *jeweiligen Fragebogenantworten der Lehrkräfte* selbst die größte Materialmenge darstellen. Ein Fragebogen ist die Auswertungseinheit, da er durch den Bezug auf die inhaltsorientiert gestellten Fragen alle relevanten Informationen enthält, aus denen Kategorien hergeleitet werden. Somit gibt es keine größere Einheit, die der Beantwortung der Forschungsfrage als Kontext dient. Die Kodiereinheit, also der kleinste Materialbestandteil, ist im vorliegenden Fall ein *einzelnes Wort*, da in den Fragebogenantworten häufiger Stichpunkte genannt worden sind, welche aber für die Forschungsfrage eine relevante Bedeutung haben können.

Im zweiten Schritt nach Mayring (2020) werden die Fragebogenantworten paraphrasiert, um die Aussagen auf eine einheitliche Sprachebene zu bringen (vgl. ebd., S. 70). Dafür wird zunächst eine Tabelle angelegt, in der die Zitate der Lehrkräfte festgehalten und einzeln paraphrasiert werden (siehe Anhang 2.1). Um den Bezug der Antworten zur Lehrkraft und speziell zu den sechs gestellten Fragen aus dem Fragebogen beizubehalten, werden die Antworten je Lehrkraft mit den Zahlen 1-16 und je Frage mit den Buchstaben a-f gekennzeichnet – z. B. Lehrkraft 1 beantwortet die sechs Fragen, also folgt die Nummerierung in Form von 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f. Für die Paraphrasierungen werden die Regeln von Mayring (2022) befolgt: alle nicht inhaltstragenden Bestandteile der Aussagen (wie ausschmückende und/oder sich wiederholende Worte) werden gestrichen und die inhaltstragenden Textstellen werden auf eine einheitliche Sprachebene in grammatikalischer Kurzform übersetzt (vgl. ebd., S. 71). Paraphrasen, die inhaltlich zusammengehören, werden im Rahmen der Arbeit durch ein Komma getrennt, während Paraphrasen, die inhaltlich neue Aspekte aufweisen, durch einen Punkt gekennzeichnet sind. Diese klare Trennung kann für den nächsten Schritt der Generalisierung genutzt werden, indem die Paraphrasen in kleineren Unterteilungen in einer neuen Tabelle angelegt werden. Kleinere Unterteilungen bedeutet, dass bei jedem in der Paraphrasierung gesetzten Punkt eine neue Zeile in der neuen Tabelle beginnt (siehe Anhang 2.2). Um allerdings auch hierbei den Bezug zur Lehrkraft und speziell zur gestellten Frage nicht zu verlieren, werden auch die Unterteilungen der Paraphrasen wie oben dargestellt nummeriert (was dazu führt, dass es z. B. 1a nun mehrmals gibt – siehe Abb. 8).

Tab. 2: Durchführung der Zusammenfassung				
Fall	Paraphrase	Generalisierung	Kategorie	Hauptkategorie
1a	Viele Apps ansprechend gestaltet (Conni, Mathe Lite, Mate Land), weniger ansprechend sind Computerstimmen (Einspluseins, Mathe Lite, Rechenfeld).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Computergenerierte Stimmen nicht ansprechend 	Sprache <ul style="list-style-type: none"> ▪ Klangqualität 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Multimediale Darstellungsformen
1a	Weniger ansprechend Anzeige von Werbung (Mathe Lite).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Werbeanzeigen nicht ansprechend 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> ▪ Werbeanzeigen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Multimediale Darstellungsformen

Abb. 8: Beispiel aus der Tabelle der Durchführung der Zusammenfassung

Das hat den Vorteil, dass während der Analyse der konkrete Bezug der jeweiligen Antworten der Lehrkräfte zur Fragestellung nachvollzogen werden kann. Zudem ist die detaillierte Übersicht pro Zeile hilfreich, um spezifische Generalisierungen vornehmen zu können.

Die Generalisierungen werden nach Mayring (2022) auf einem vorher festgelegten Abstraktionsniveau formuliert, welches im dritten Schritt des Ablaufschemas festgelegt wird (siehe Kapitel 3.5). Dieses wird im Rahmen der Arbeit wie folgt definiert: Generalisierungen sollen möglichst allgemeine, aber auf den Einzelfall bezogene Formulierungen sein, die sich auf Merkmale von Apps beziehen. Paraphrasen, die bereits über diesem Niveau liegen werden übernommen. Paraphrasen, die unter dem Niveau liegen, werden dahingehend verallgemeinert (vgl. ebd., S. 71).

Mit diesen generalisierten Paraphrasen kann der vierte Schritt, die erste Reduktion, durchgeführt werden. Diese wird fallspezifisch (pro Lehrkraft) und unter Rückbezug auf das festgelegte Abstraktionsniveau durchgeführt, indem doppelte oder nicht inhaltstragende Aussagen innerhalb der gesamten Fragebogenantwort einer Lehrkraft gestrichen werden (vgl. ebd., S. 71). So können spezifische Eigenschaften einer App pro Lehrkraft herausgearbeitet werden. Die fallspezifische Vorgehensweise ermöglicht für die Diskussion der Ergebnisse eine Übersicht über die Häufigkeitsverteilung der herausgearbeiteten Kategorien.

Mit den übrig gebliebenen Generalisierungen wird die zweite Reduktion, der fünfte Schritt nach Mayring (2022), durchgeführt. Diese wird im Rahmen der Arbeit nicht mehr nur fallspezifisch vorgenommen, sondern bezieht sich auf das gesamte Material. Die verstreuten Generalisierungen werden durch mehrmalige Vorgänge der Bündelung, Konstruktion und Integration zusammengefasst (vgl. ebd., S. 70). Diese zweite Reduktion findet sich in der vierten und fünften Spalte der Tabelle (*Kategorie* und *Hauptkategorie*) wieder (siehe Abb. 8). In der Spalte *Kategorie* werden die Generalisierungen kategorisiert, wobei die Ausprägungen einer Kategorie sich direkt bzw. indirekt aus den Generalisierungen ableiten. In der letzten Spalte *Hauptkategorie* werden die erarbeiteten Kategorien nochmals unter einem Oberbegriff gebündelt (farbliche Markierungen je Hauptkategorie).

Aus diesem Vorgehen entsteht ein Kategoriensystem (Schritt 6), welches durch wiederholte Rücküberprüfungen der Ergebnisse (nach ca. 10%, 50% und 100% des Materialdurchgangs) validiert wird (Schritt 7). Somit kann überprüft werden, ob die

Kategorien angemessen gebündelt wurden und die Aussagen der Lehrkräfte weiterhin widerspiegeln (vgl. ebd., S. 70). Dafür wurden die bisher herausgestellten Kategorien in einer neuen Tabelle zusammenfassend dargestellt (siehe Anhang 2.3) und ggf. neu gebündelt oder zugeordnet. In diesem Kontext konnten auch in der Spalte *Hauptkategorie* einige der Ergebnisse gebündelt werden (in dem Fall zu den *Oberflächenmerkmalen*, siehe Abb. 8).

Durch dieses gesamte Verfahren entsteht das finale Kategoriensystem, welches im folgenden Kapitel vorgestellt werden soll.

4.2 Vorstellung des Kategoriensystems

Nachdem die Aussagen der Lehrkräfte in Kategorien eingeteilt worden sind, werden in diesem Kapitel die Ergebnisse nähergehend beschrieben. Dadurch soll eine detaillierte Übersicht über die verschiedenen herausgearbeiteten Kategorien geschaffen werden.

Durch die obig beschriebene Durchführung der zusammenfassenden Kategorisierung nach Mayring (2022) konnten insgesamt fünf Hauptkategorien bezüglich der Gestaltungsmerkmale von Apps aus der Sicht von Lehrpersonen herausgearbeitet werden: *Oberflächenmerkmale*, *mathematikdidaktische Potenziale*, *unterrichtsorganisatorische Potenziale*, *prozessbezogene Kompetenzen* und *produktives Üben*. Diese fünf Hauptkategorien mit ihren jeweiligen untergeordneten Kategorien und Ausprägungen beziehen sich auf alle Gestaltungsmerkmale, die von Lehrkräften in Apps erkannt und genannt worden sind (sowohl im negativen als auch im positiven Sinne). Somit wird in diesem Kontext auf die beiden Forschungsunterfragen (siehe Kapitel 3.1) Bezug genommen – zum einen welche Gestaltungsmerkmale von den Lehrkräften erkannt werden und zum anderen, inwiefern die herausgearbeiteten Gestaltungsmerkmale einer App ein bereicherndes Element aus Sicht von Lehrpersonen darstellen. Im Folgenden werden die Ergebnisse entlang der Hauptkategorien detailliert und teilweise unter veranschaulichender Einbindung originaler Zitate der Lehrkräfte vorgestellt.

Oberflächenmerkmale

Die Oberflächenmerkmale stellen eine Hauptkategorie dar, die im Kontext der beschriebenen zweiten Reduktion, durch Zusammenfassung mehrerer Begriffe aus der Spalte der *Hauptkategorien* gebildet wurde (siehe Anhang 2.2). Diese Begriffe werden für den vorliegenden Fall aufgrund der erneuten Zusammenfassung und zur Abgrenzung zu den anderen Hauptkategorien als *Dimensionen* bezeichnet. Konkret handelt es sich um die Dimensionen *App-Bedienung*, *multimediale Darstellungsformen*, *Belohnungssysteme* und *Klassenstufe*. Gesamthaft stellen Oberflächenmerkmale die meistgenannte Hauptkategorie in den Fragebogenantworten dar. In der folgenden Übersicht (siehe

Abb. 9) werden die Dimensionen (hellgrau) mit ihren untergeordneten Kategorien (dunkelblau) grafisch dargestellt:

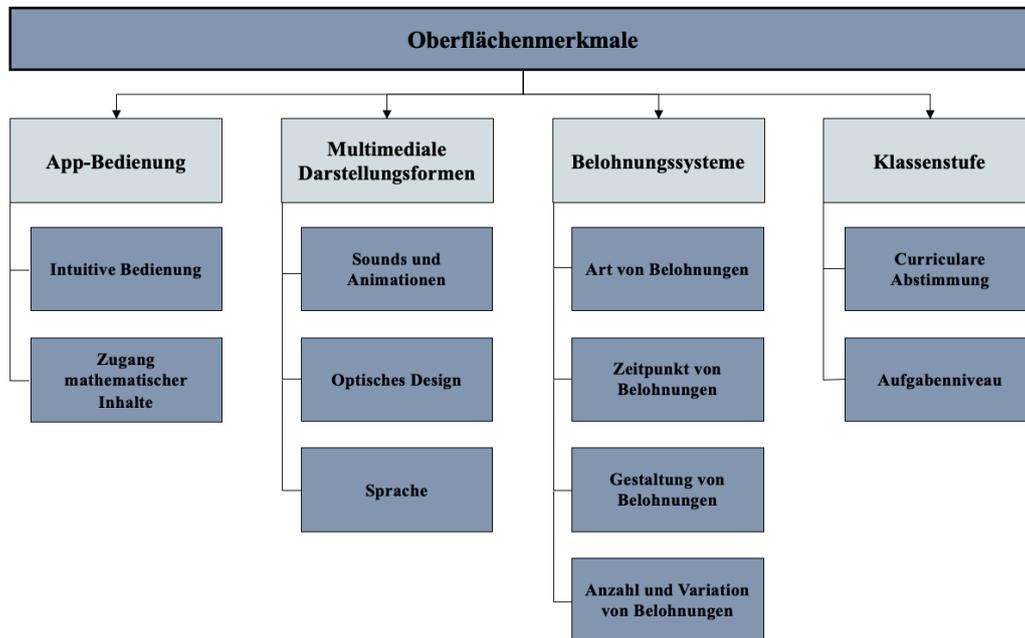


Abb. 9: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu Oberflächenmerkmalen aus Sicht von Lehrkräften (in Dimensionen und Kategorien)

Die dargestellten Kategorien der Grafik (siehe Abb. 9) haben wiederum spezielle Ausprägungen, die aber aufgrund der Übersichtlichkeit nicht in der Grafik integriert sind. Für eine ausführlichere Darstellung von Kategorien inklusive Ausprägungen siehe Anhang 2.3. Im Folgenden werden die Ergebnisse nun ausführlich entlang der Dimensionen vorgestellt:

Die Dimension der *App-Bedienung* bezieht sich auf Gestaltungsmerkmale einer App, die die oberflächliche Bedienung einer App betreffen und umfasst insgesamt zwei Kategorien: *intuitive Bedienung* und *Zugang mathematischer Inhalte*. Unter *intuitiver Bedienung* wird verstanden, dass die App ein selbstständiges Arbeiten ermöglicht. Dies kann durch einen übersichtlichen Aufbau einer App oder durch Navigationselemente (wie visuelle oder auditive Hinweise über die Funktionen einer App) geschehen. Diese Kategorie wurde von einer großen Anzahl von Lehrkräften genannt und stellt damit eine sehr häufig genannte Kategorie dar. Die Kategorie *Zugang mathematischer Inhalte* umfasst die Ausprägungen: mathematischer Zugang, spielerischer Zugang, sowie die Anzahl und Dauer von mathematischen Aufgaben. Diese Kategorie wird von den Lehrkräften kontrovers betrachtet. Die beiden Zugänge (mathematisch und spielerisch) werden von den Lehrkräften nicht konkret definiert und können sich auf Kategorien anderer Dimensionen (wie Sounds und Animationen, Belohnungssysteme und optisches Design) beziehen. Der Begriff wird häufig benutzt, um einerseits herauszustellen, dass

ein spielerischer Zugang motivierend sein kann und andererseits, dass ein spielerischer Zugang den mathematischen Kern überdecken kann und somit kein ausreichender Bezug zur Mathematik hergestellt werden kann:

- * *Wenig Bezug zur Mathematik bei Mathe Land, Rechnen geschieht nebenbei.* (siehe Anhang 2.1, Fall 14a)
- *[S]ie lieben es, ein iPad in den Händen zu halten, was die Lust auf die Aufgaben steigert, dennoch sollte es in Maßen eingesetzt werden, da bei vielen Apps zu viel los ist und die Mathematik in den Hintergrund gerät.* (siehe Anhang 2.1, Fall 2d)
- * *Digitale Apps ermöglichen Motivation und spielerischen Zugang.* (siehe Anhang 2.1, Fall 7d)

Bezüglich der Anzahl und Dauer mathematischer Aufgaben sind sich die Lehrkräfte einig, dass ausreichend mathematische Aufgaben in einer App vorhanden sein müssen:

- *Mathe Land lernen: zu viel [S]piel für zu wenig [L]ernen.* (siehe Anhang 2.1, Fall 1a)
- *Meine Bedenken sind [...], dass das Rechnen zu kurz kommt und die Elemente wo gespielt wird zu lang andauern.* (siehe Anhang 2.1, Fall 10a)

Die nächste Dimension der *multimedialen Darstellungsformen* bezieht sich auf auditive und visuelle Elemente innerhalb von Apps, welche in die Kategorien *Sounds und Animationen*, *optisches Design* und *Sprache* eingeteilt werden. Unter der Kategorie *Sounds und Animationen* haben die Lehrkräfte sowohl Elemente auf fachspezifischer als auch auf fachunspezifischer Ebene festgestellt. Viele Lehrkräfte erwähnen in diesem Zusammenhang, dass fachunspezifische Elemente (wie Musik und Effekte) reduziert werden sollten, um den Fokus auf die Mathematik zu legen (siehe Anhang 2.1, Fall 2f: „*Weniger nicht mathematische Visualisierungen und Geräusche, damit sich voll und ganz auf die Aufgaben konzentriert werden kann*“). Dennoch legen sie Wert darauf, dass Sounds und Animationen auf fachspezifischer Ebene integriert sind, und diese nicht völlig abgeschaltet werden (siehe Anhang 2.1, Fall 12b:)

* *App Rechendreieck: mehr Sounds und Animationen für Motivation.*

Zusammenhang von einer spielerischen Animation mit einer qualitativen bzw. fachspezifischen Funktion festgestellt (siehe Anhang 2.1, Fall 1a: „*Mathe Klasse 1: Ich find es schade, dass die Figur nicht wirklich spricht*“). Die Kategorie *optisches Design* umfasst die Ausprägungen: Einkleidung mathematischer Aufgaben, farbliche Gestaltung, Verwendung mathematischer Symbole, thematisch durchgehende Abstimmung einer App und die Anzeige von Werbung. Die Einkleidung mathematischer Aufgaben in einen ansprechenden Kontext wird in den Antworten durchgehend positiv genannt, da sie die Motivation der Schüler*innen fördere:

- *Connie: Nicht nur das Design ist ansprechend, auch die Aufgaben sind ansprechend gestaltet. Die Aufgaben sollen nicht nur stumpf gerechnet werden, sondern sind mit Kanonen oder ähnlichem versehen.* (siehe Anhang 2.1, Fall 1a)
- *Insbesondere die Conni App finde ich schön und motivierend gestaltet. Die Matheaufgaben sind spielerisch gestaltet.* (siehe Anhang 2.1, Fall 16a)

* *Aus urheberrechtlichen Gründen wurde das Zitat durch die Paraphrasierung ersetzt, siehe Anhang.*

In Bezug auf die anderen vier Ausprägungen wird als wichtig betont, dass die farbliche Gestaltung reduziert und klar abgrenzbar ist, mathematische Symbole im korrekten Kontext verwendet werden, das Design thematisch abgestimmt ist und auf die Anzeige von Werbung verzichtet wird:

- Zum Beispiel sind die abzuzählenden Fische undeutlich dargestellt, denn sie setzen sich nicht deutlich vom Hintergrund ab und könnten übersehen werden“ (siehe Anhang 2.1, Fall 10)
- *Mathe 1. Klasse Lite*, wird viel mit Herzchen oder Sternen dargestellt, die Herzen verbinden die Kinder aber mit den verliebten Zahlen, was zu Verwirrung führen kann. (siehe Anhang 3, Fall 2a)
- * Optische Gestaltung sollte thematisch Sinn ergeben. (siehe Anhang 2.1, Fall 13a)
- Bei der App *Mathe Klasse 1* ist oben die ganze Zeit Werbung zu sehen, das finde ich schwierig. (siehe Anhang 2.1, Fall 1a)

Die Kategorie der *Sprache*, welche die Verständlichkeit und Klangqualität einer Stimme innerhalb der Apps umfasst, wird von insgesamt drei Lehrkräften erwähnt. Hier wird die computergenerierte Stimme der Apps Rechenfeld und Einspluseins negativ genannt (siehe Anhang 2.1, Fall 1a, 2a, 5a).

Die dritte Dimension der Oberflächenmerkmale sind *Belohnungssysteme* von Apps, welche durch die Aussagen der Lehrkräfte in vier Kategorien eingeteilt werden: *Art*, *Zeitpunkt*, *Gestaltung* sowie *Anzahl bzw. Variation von Belohnungen*. Die *Art von Belohnungen* umfasst drei Ausprägungen: Sammlung virtueller Elemente, einfache Belohnungen und Freischaltungen. Die Sammlung virtueller Elemente wird durchweg sehr positiv von den Lehrkräften bewertet (z. B. Auszeichnungen und Punkte). Einfache Belohnungen (z. B. durch Licht oder einem Ton) oder Freischaltungen (z. B. Level, nächste Übung, Minispiel) werden von den Lehrkräften hingegen kontrovers betrachtet – einige sehen diese Belohnung nicht als ausreichend bzw. angemessen an, während andere diese als hinreichend wahrnehmen:

- Manche Apps haben gar keine Belohnung abgesehen von einem grünen Licht und einem [T]on. (siehe Anhang 2.1, Fall 6b)
- Die App *First Grade Math 1* hat ein Belohnungsmechanismus, welches ich befriedigend bewerte. Das Kind erhält direkt nach einer korrekten Lösung einen speziellen Sound und das Lob ‚Super‘. (siehe Anhang 2.1, Fall 10b)
- * Demotivation, wenn komplette Übung für Freischaltung nächster Übung richtig gelöst werden muss. (siehe Anhang 2.1, Fall 4b)
- Gut [.] wenn sich neue Level freischalten oder man etwas verdienen kann. (siehe Anhang 2.1, Fall 6b)

Außerdem wird erwähnt, dass eine angemessene *Anzahl und Variation von Belohnungen*, wichtig ist. Hier wird ein Mittelmaß an Belohnungen sowie die Integration von verschiedenen Belohnungsmechanismen als optimal bewertet (siehe Anhang 2.1, Fall 1b, 11b). Die nächste Kategorie stellt der *Zeitpunkt von Belohnungen* dar. So werden Belohnungen nach jeder Lösung und nach täglicher Anwendung der App als durchweg positiv bewertet, da diese die Motivation und das kontinuierliche Üben fördern würden. Belohnungen nach einem Aufgabensatz stellt für die Lehrkräfte hingegen einen negativen

* Aus urheberrechtlichen Gründen wurde das Zitat durch die Paraphrasierung ersetzt, siehe Anhang.

Zeitpunkt dar, wenn der Aufgabensatz zu groß ist (siehe Anhang 2.1, Fall 4b:

* Zu spätes Einsetzen des Belohnungsmechanismus App Einspluseins.

). Zuletzt ist in diesem Zusammenhang noch die Kategorie der *Gestaltung von Belohnungen* zu nennen, welche eine altersgerechte und thematische Abstimmung der Belohnungen umfasst. So wird beispielsweise die Prozentangabe in der App Einspluseins als „fragwürdig“ (siehe Anhang 2.1, Fall 10b) bezeichnet, da diese unverständlich für die Zielgruppe dieser App sei.

Die letzte Dimension der Oberflächenmerkmale ist die *Klassenstufe*. Diese bezieht sich auf die inhaltsbezogenen Kompetenzen, welche die Nutzung einer App voraussetzt. In diesem Zusammenhang wurden die *curriculare Abstimmung* und das *Aufgabenniveau* als Kategorien identifiziert. So ist es den Lehrkräften wichtig, dass die Inhalte und das Aufgabenniveau dieser Inhalte auf die Jahrgangsstufe abgestimmt sind (siehe Anhang 2.1, Fall 1a, 1d, 8f).

Unterrichtsorganisatorische Potenziale

Die zweite Hauptkategorie stellen die *unterrichtsorganisatorischen Potenziale* dar, welche sich auf Gestaltungsmerkmale einer App beziehen, die einen Zusammenhang zur Unterrichtsorganisation aufweisen. Insgesamt haben neun Lehrkräfte in ihren Ausführungen hierauf Bezug genommen. Die drei Kategorien werden in der folgenden Grafik (siehe Abb. 10) mit ihren jeweiligen Ausprägungen dargestellt:

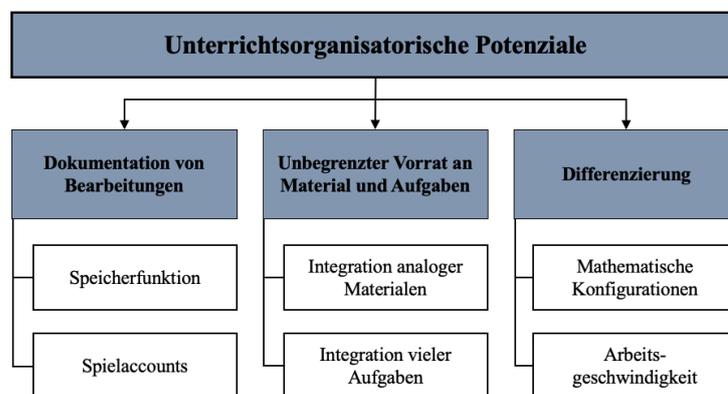


Abb. 10: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu unterrichtsorganisatorischen Potenzialen aus Sicht von Lehrkräften (in Kategorien und Ausprägungen)

Die Kategorie der *Dokumentation von Bearbeitungen* umfasst Gestaltungsmerkmale, die es den Schüler*innen ermöglichen, individuell an ihren bereits erarbeiteten Ergebnissen anzusetzen. So wird von Lehrkräften die Speicherfunktion von Apps sowie das Anlegen von mehreren Spielaccounts genannt, da sich diese Funktionen von Apps positiv auf die Motivation der Schüler*innen auswirken würden (siehe Anhang 2.1, Fall 3d, 10a).

* Aus urheberrechtlichen Gründen wurde das Zitat durch die Paraphrasierung ersetzt, siehe Anhang.

Die nächste Kategorie des *unbegrenzten Vorrats an Material und Aufgaben* bezieht sich auf Merkmale von Apps, die auf kompakte Weise eine Fülle von (ehemals analogen) Materialien sowie eine Vielzahl an Aufgaben integrieren können (siehe Anhang 2.1, Fall 1d: „*Rechenfeld: Sehr viel leichter handhabbar als Material auf dem Tisch*“, Fall 13d:

* Keine vielfache Ausführung an Materialien nötig.

). Die letzte Kategorie der unterrichtsorganisatorischen Potenziale stellt die *Differenzierung* dar. Diese umfasst die Merkmale einer App, welche es ermöglichen, die App an das individuelle Leistungsniveau der Schüler*innen anzupassen. Hier nennen Lehrkräfte mathematische Konfigurationen, wie die Einstellung des Zahlenraums oder die Einstellung ikonischer Darstellungen (siehe Anhang 2.1, Fall 10d, 14a), sowie die Möglichkeit mit Apps in einem eigenem Arbeitstempo zu arbeiten (siehe Anhang 2.1, Fall 16d).

Mathematikdidaktische Potenziale

Die dritte Hauptkategorie umfasst *mathematikdidaktische Potenziale*, welche sich infolge der Analyse der Fragebogenantworten in fünf Kategorien gliedern und von vielen Lehrkräften in ihren Ausführungen aufgegriffen wurden. In der folgenden Grafik (siehe Abb. 11) werden die Kategorien mit ihren Ausprägungen dargestellt:

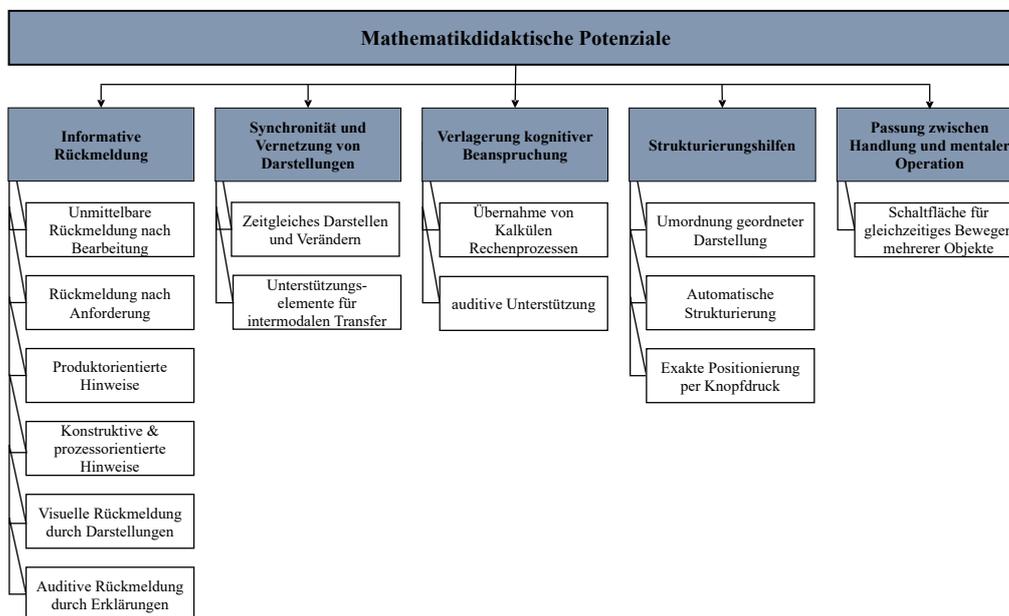


Abb. 11: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu mathematikdidaktischen Potenzialen aus Sicht von Lehrkräften (in Kategorien und Ausprägungen)

Unter den mathematikdidaktischen Potenzialen werden besonders häufig die Kategorien *Informative Rückmeldung* und *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen* genannt. In Bezug auf die *informative Rückmeldung* ist herauszustellen, dass viele Lehrkräfte

* Aus urheberrechtlichen Gründen wurde das Zitat durch die Paraphrasierung ersetzt, siehe Anhang.

neben einer unmittelbaren Rückmeldung nach der Bearbeitung einer Aufgabe auch Rückmeldungen nach einer Anforderung (also durch das Drücken eines Hilfsbutton) als sehr positiv bewerten (siehe Anhang 2.1, Fall 1a). Zusätzlich stellen einige Lehrkräfte eine unterschiedliche Rückmeldung auf inhaltlicher Ebene fest. Konstruktive und prozessorientierte Hinweise nehmen die Lehrkräfte als eine Bereicherung wahr, während die produktorientierten Hinweise für sich alleinstehend keine ausreichende Rückmeldung darstellen:

- * Weiterführendes Feedback durch Erklärungen und Hinweisen bei falschen Lösungen. (siehe Anhang 2.1, Fall 5b)
- *Ich sehe eine große Chance von digitalen Mathematik-Apps durch das Unterstützen im Lösungsprozess durch individualisierte Hilfen und Feedback.* (siehe Anhang 2.1, Fall 10d)
- *Einspluseins: Bedenklich finde ich, dass bei der falschen Lösung lediglich nur noch die richtige Lösung neben der falschen angezeigt wird.* (siehe Anhang 2.1, Fall 1a)

Des Weiteren stellen einige Lehrkräfte die Art und Weise der Rückmeldung heraus: so werden visuelle Rückmeldungen (wie ein visuell aufgezeigter Lösungsweg, siehe Anhang 2.1, Fall 2d), und Rückmeldungen über auditive Erklärungen (siehe Anhang 2.1, Fall 8f) als Merkmale von Apps in positiver Weise festgestellt.

Im Zusammenhang mit der Kategorie der *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen* nehmen es die Lehrkräfte positiv wahr, wenn die Möglichkeit besteht, die verschiedenen Darstellungsebenen zeitgleich darzustellen und verändern zu können. Dadurch könne der Aufbau eines inhaltlichen Verständnisses unterstützt werden (siehe Anhang 2.1, Fall 1d: *„Rechendreieck: Visualisierung wie verändert sich das Rechendreieck, wenn was dazu kommt etc. Sehr gut zur [V]eranschaulichung“*). Zusätzlich werden von vereinzelt Lehrkräften Unterstützungselemente (wie farbliche Markierungen oder auditive Erklärungen) genannt, die den intermodalen Transfer der Darstellungen vereinfachen könnten (siehe Anhang 2.1, Fall 10a: *„Wäre die symbolische Aufgabe [...] farblich wie die Wendepflichtchen markiert, so würde der Zusammenhang der Darstellungsebenen deutlicher markiert werden“*).

Auch die Kategorie der *Verlagerung kognitiver Beanspruchung* zählt zu den sehr häufig genannten Kategorien. Lehrkräfte stellen die Möglichkeit von Apps positiv heraus, dass Kalküle Rechenprozesse von der digitalen App übernommen werden können, wodurch der Fokus auf Einsichten von Strukturen und Beziehungen gelegt werden kann (siehe Anhang 2.1, Fall 2e, 10c). Daneben wurde auch häufig eine auditive Unterstützung in Form einer Vorlesefunktion erwähnt, die aus Sicht von Lehrkräften das Verständnis vereinfacht bzw. auch Schüler*innen mit einem noch eingeschränkten Leseverständnis einbindet (Fall 10a: *„Zudem ist es erforderlich Lesen zu können und über ein Leseverständnis zu verfügen, da die Aufgabe sonst unklar ist.“*, Fall 4b: *„Conni: [...] Vorlesefunktion gut“*).

* Aus urheberrechtlichen Gründen wurde das Zitat durch die Paraphrasierung ersetzt, siehe Anhang.

Im Zusammenhang mit der Kategorie *Strukturierungshilfen* ist es den Lehrkräften wichtig, dass dargestellte Mengen sowohl automatisch als auch selbstständig auf unterschiedliche Weise angeordnet werden können:

- * *Verschiedene Darstellungen und Anordnungen durch Software möglich, keine selbstbestimmte Anordnung von Darstellung möglich.* (siehe Anhang 2.1, Fall 4e)
- * *Einfache Strukturierungsmöglichkeit von Darstellungen für gezielte Förderung bei App Rechenfeld.* (siehe Anhang 2.1, Fall 15a)

Eine Lehrkraft nennt außerdem die Strukturierungshilfe in Form einer exakten Positionierung per Knopfdruck, wodurch die App-Nutzung eine geringere motorische Beanspruchung mit sich bringe (siehe Anhang 2.1, Fall 13d). Die letzte Kategorie, welche sich auf die mathematikdidaktischen Potenziale bezieht, stellt die *Passung zwischen Handlung und mentaler Operation* dar. Diese fasst Gestaltungsmerkmale von Apps zusammen, die sich auf die Verknüpfung von mathematischen mentalen Operationen mit der aktiven Handlung beziehen. Hier nennen zwei Lehrkräfte die Möglichkeit, durch das Anklicken einer Schaltfläche gleichzeitig mehrere Objekte bewegen zu können, wodurch neue Perspektiven auf den mathematischen Inhalt gewonnen werden können. In diesem Fall beziehen sich die Lehrkräfte auf die App Rechenfeld mit ihrer Schaltfläche (+5 / +10):

- * *Neue Perspektive auf mathematische Inhalte (5er-Bündelung und 10er Struktur) bei Rechenfeld, durch zeitgleiches Bewegen mehrerer Plättchen durch Anklicken passendes Symbol.* (siehe Anhang 2.1, Fall 13d)

Prozessbezogene Kompetenzen

Die vierte Hauptkategorie, welche sich aus den Fragebogenantworten der Lehrkräfte herausgebildet hat, umfasst Gestaltungsmerkmale, die sich auf die *prozessbezogenen Kompetenzen* beziehen. Die folgende Grafik (siehe Abb. 12) veranschaulicht die dazugehörigen Kategorien und ihre Ausprägungen:

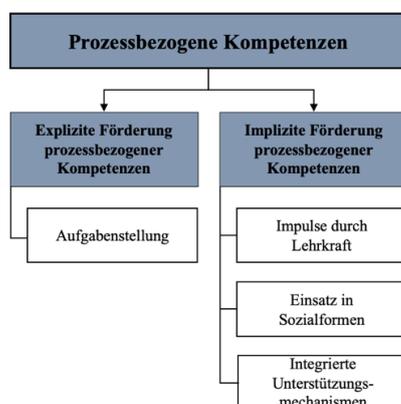


Abb. 12: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu prozessbezogenen Kompetenzen aus Sicht von Lehrkräften (in Kategorien und Ausprägungen)

* *Aus urheberrechtlichen Gründen wurde das Zitat durch die Paraphrasierung ersetzt, siehe Anhang.*

Die Gestaltungsmerkmale, die sich auf die prozessbezogenen Kompetenzen beziehen, lassen sich in zwei Kategorien aufteilen: die explizite sowie die implizite Förderung prozessbezogener Kompetenzen. Die explizite Förderung umfasst dabei Merkmale einer App, die sich direkt aus der Aufgabenstellung ergeben und der Förderung prozessbezogener Kompetenzen dienen (in den ausgewählten Apps jedoch nach Auffassung der Lehrkräfte nicht entsprechend vorhanden):

- * *Kein Aufbau prozessbezogener Kompetenzen möglich, weil Fokus auf Ausrechnungen von Aufgaben.* (siehe Anhang 2.1, Fall 12c)
- *Würde ich als eher schwierig einschätzen. Die Inhalte der Apps dienen zumeist dazu, um bereits erworbene inhaltsbezogene Kompetenzen weiter zu trainieren.* (siehe Anhang 2.1, Fall 3c)

Im Kontext der zweiten Kategorie, der *impliziten Förderung prozessbezogener Kompetenzen*, sehen viele Lehrkräfte die Möglichkeit, Apps für eine Anschlusskommunikation einzusetzen und dadurch die prozessbezogenen Kompetenzen zu fördern. Dies umfasst zum einen das Einsetzen der Apps in Sozialformen und zum anderen Impulse der Lehrkraft in Form von zusätzlichen Aufgabenstellungen:

- *[Z]udem könnten die Kinder hier in Partner- oder Gruppenarbeit über die Veränderungen kommunizieren und argumentieren.* (siehe Anhang 2.1, Fall 2c)
- *Ja, ich denke, dass die Apps Rechenfeld und Rechendreieck dafür sehr gut geeignet sein können, da diese Apps in Gruppenarbeiten oder im Plenum verwendet können und dadurch die prozessbezogenen Kompetenzen anregen können.* (siehe Anhang 2.1, Fall 5c)
- *Rechendreieck, aber nur begleitend und mit zusätzlichem Material.* (siehe Anhang 2.1, Fall 7c)

Zudem werden integrierte Unterstützungsmechanismen in Apps genannt, wie verschiedene Darstellungsebenen und auditive Erklärungen, die einen positiven Einfluss auf die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen haben können (siehe Anhang 2.1, Fall 2c, 9c, 10c, 15c).

Produktives Üben

Die fünfte und letzte Hauptkategorie, die sich aus den Fragebogenantworten ergeben hat, sind Gestaltungsmerkmale von Apps, die sich auf das *produktive Üben* beziehen. Der Fokus dieser Hauptkategorie liegt auf der inhaltlichen Gestaltung von Aufgabenstellungen in Apps. Sie untergliedert sich in folgende vier Kategorien (siehe Abb. 13):

* Aus urheberrechtlichen Gründen wurde das Zitat durch die Paraphrasierung ersetzt, siehe Anhang.

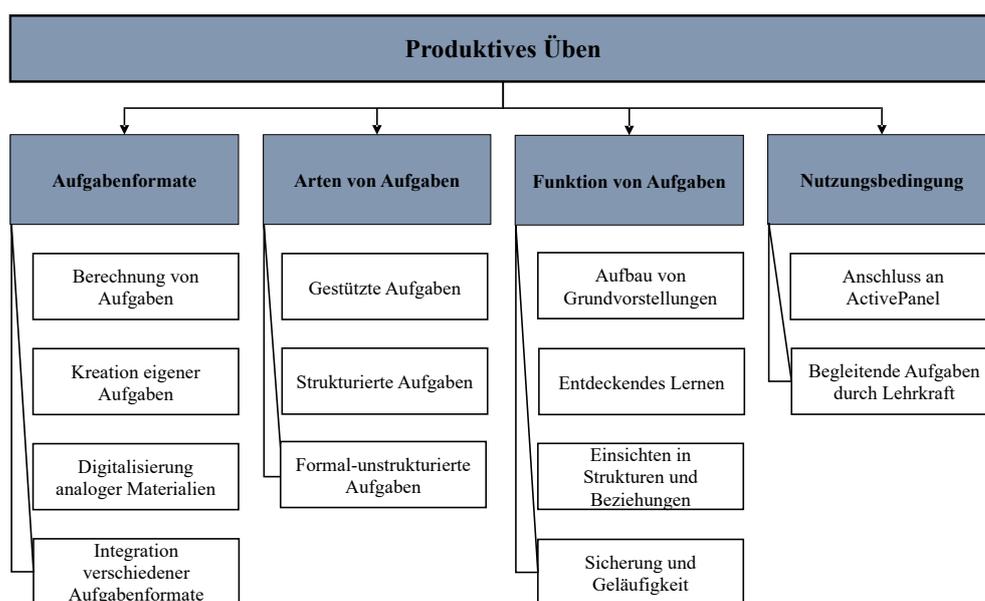


Abb. 13: Übersicht über Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zum produktiven Üben aus Sicht von Lehrkräften (in Kategorien und Ausprägungen)

Die erste Kategorie *Aufgabenformate* beinhaltet folgende Ausprägungen: Berechnung von Aufgaben, Kreation eigener Aufgaben, Digitalisierung analoger Materialien sowie die Integration verschiedener Aufgabenformate innerhalb einer App. Dass es die Möglichkeit der Berechnung von Aufgaben in einer App gibt, wird von einer Lehrkraft positiv in den Fokus gesetzt (siehe Anhang 2.1, Fall 11a). Die Möglichkeit der Kreation eigener Aufgaben wird von einer Lehrkraft als Anregung für ergänzende Aufgabenformate genannt (siehe Anhang 2.1, Fall 4f). Außerdem wird von wenigen Lehrkräften die Digitalisierung eines analogen Materials negativ hervorgehoben:

- *Rechendreieck sowie Rechenfeld empfinde ich als unsinnig, digital zu formen, da ich diese enaktiven Materialien bereits im Klassenraum analog verwende.* (siehe Anhang 2.1, Fall 8b)
- ** Apps bieten keinen Vorteil gegenüber analogem Material.* (siehe Anhang 2.1, Fall 7e)

Zwei Lehrkräfte äußern in diesem Zusammenhang, dass verschiedene Aufgabenformate in Apps integriert werden sollten, damit verschiedene Funktionen mit der App abgedeckt werden können (siehe Anhang 2.1, Fall 10f: „*App Rechendreieck: Zusätzlich zu jetzigem Format einen Modus, der Aufgabenstellungen anbietet und die Kinder besser im Lernprozess begleitet und unterstützt*“).

Die Kategorie der *Arten von Aufgaben* bezieht sich auf die spezifische inhaltliche Gestaltung einer Aufgabe. So heben Lehrkräfte in ihren Ausführungen gestützte (durch ikonische Darstellungen) und strukturierte Aufgaben (mit Strukturzusammenhang) positiv hervor, während formal-unstrukturierte Aufgaben von vereinzelt Lehrkräften

* Aus urheberrechtlichen Gründen wurde das Zitat durch die Paraphrasierung ersetzt, siehe Anhang.

kritisch gesehen werden, da diese nicht über das reine Trainieren von Rechenfertigkeiten hinausgehen würden (siehe Anhang 2.1, Fall 2e, 13a).

Zudem kann aus den Antworten die unterschiedliche *Funktion von Aufgaben* als eine weitere Kategorie abgeleitet werden. Hier werden folgende Ausprägungen von den Lehrkräften erwähnt: Aufbau von Grundvorstellungen, entdeckendes Lernen, Einsichten in Strukturen und Beziehungen sowie die Sicherung und Geläufigkeit. Diese Funktionen stehen in Bezug zu den Phasen des Übens nach Wittmann (1992). Die Lehrkräfte geben diesbezüglich im Fragebogen an, dass sie eine oder mehrere Apps in den Phasen einsetzen würden, wodurch folgende Häufigkeitsverteilung der Apps in den jeweiligen Phasen entsteht:

- Phase 1: *Rechendreieck* (5-mal), *Einspluseins* (2-mal), *Rechenfeld* (2-mal)
- Phase 2: *Rechendreieck* (7-mal), *Einspluseins* (3-mal), *Rechenfeld* (5-mal)
- Phase 3: *Rechendreieck* (2-mal), *Einspluseins* (1-mal), *Rechenfeld* (4-mal), *Conni* (2-mal)
- Phase 4: *Rechendreieck* (2-mal), *Einspluseins* (3-mal), *Rechenfeld* (2-mal), *Mathe Land* (2-mal), *Mathe Lite* (2-mal), *Conni* (7-mal)

Zuletzt ist noch die Kategorie der *Nutzungsbedingungen* aufzuzeigen. Um gewisse Funktionen von Aufgaben (z. B. Aufbau von Grundvorstellungen) entfalten zu können, werden von vereinzelt Lehrkräften unterschiedliche Voraussetzungen genannt. So wurde der Anschluss an ein ActivePanel oder die Anwendung begleitender Aufgaben genannt:

- *Das Rechendreieck könnte auch zum Aufbau von Grundvorstellungen genutzt werden, wenn man die App an ein ActivePanel spiegelt und gemeinsam mit den SuS die Veränderungen betrachtet.* (siehe Anhang 2.1, Fall 2e)
- *Wenn ich unterschiedliche und für die entsprechenden Phasen geeignete Arbeitsaufträge erteile, könnte ich mir vorstellen die App Rechenfeld in den drei ersten Phasen einzusetzen.* (siehe Anhang 2.1, Fall 13e)

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Dieser Teil der Arbeit widmet sich nun der Diskussion der obig dargestellten Ergebnisse, indem diese unter Bezugnahme auf den theoretischen Hintergrund (siehe Kapitel 2) analysiert werden, wodurch Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen der praxisorientierten und der fachdidaktischen Perspektive identifiziert werden können. Im Anschluss daran wird ein Bezug zu den der Studie zugrunde liegenden Apps hergestellt, indem diese hinsichtlich ihrer Unterrichtseignung aus Perspektive der Lehrkräfte analysiert und eingestuft werden.

Nachdem im vorangegangenen Kapitel 4.2 bereits auf die einzelnen Forschungsunterfragen eingegangen wurde, verfolgt die Diskussion der Erkenntnisse nun das Ziel, die Beantwortung der übergeordneten Forschungsfrage vorzubereiten.

Diskussion vor theoretischem Hintergrund

Grundsätzlich ist an erster Stelle festzuhalten, dass sich die in der vorliegenden Studie herausgearbeiteten Hauptkategorien der Gestaltungsmerkmale einer App stark mit den Kriterien nach Walter und Schwätzer (2023) überschneiden. Grund dafür ist zum einen die Konstruktion des Fragebogens, da sich dieser (aufgrund der an das Mapps-Projekt anknüpfenden Vorgehensweise) stark an den bekannten fachdidaktischen Kriterien orientiert. Während der Analyse wurde der Bezug zur speziellen Fragestellung (und somit zum Fragebogen) beibehalten. Zum anderen sind viele Begrifflichkeiten (wie z. B. die *mathematikdidaktischen Potenziale*) in der Fachdidaktik bereits etabliert und werden konsistent dazu auch in der Kategorienbildung verwendet.

Inwiefern sich jedoch die den Hauptkategorien zugrundeliegenden Kategorien mit ihren jeweiligen Ausprägungen aus Sicht der Lehrkräfte von den fachdidaktischen Überlegungen entfernen bzw. welche Gemeinsamkeiten sie haben, wird im Folgenden erläutert.

Die Hauptkategorie der Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu den *Oberflächenmerkmalen*, wurde von den Lehrkräften besonders differenziert und ausführlich betrachtet. Anders als Walter und Schwätzer (2023) gehen die Lehrkräfte in ihren Ausführungen nicht auf die oberflächlichen Daten einer App (wie Preis, Plattform, Downloadzahlen, Bewertungen) ein. Dies könnte allerdings darauf zurückzuführen sein, dass die Apps durch die iPads bereits zur Verfügung gestellt worden sind und diese nicht selbst gekauft oder heruntergeladen werden mussten. Stattdessen legen die Lehrkräfte ihren Fokus auf die vier in Kapitel 4.2 herausgearbeiteten Dimensionen: *App-Bedienung*, *multimediale Darstellungsformen*, *Belohnungssysteme* und *Klassenstufe*.

Zwei dieser Dimensionen (*Belohnungssysteme* und *Klassenstufe*) finden sich ebenfalls bei Walter und Schwätzer (2023) wieder. Die Aussagen der Lehrkräfte geben neben der bloßen Feststellung eines Belohnungssystems oder der curricularen Verankerung auch Aufschluss darüber, inwiefern diese in Apps als gelungen wahrgenommen werden. In Hinblick auf die Belohnungssysteme ist festzuhalten, dass die Ansichten der Lehrkräfte den Ansatz von Ladel (2018) unterstützen – eine spielerische Belohnung durch das Sammeln von virtuellen Elementen (wie Medaillen und Punkten) wird als ein bereicherndes Element von Apps empfunden. Auch die weiteren im Kontext Belohnungssysteme identifizierten Kategorien, wie der Zeitpunkt und das Maß an Belohnungen, weisen Parallelen zu den theoretischen Vorüberlegungen auf. So unterstützen die Aussagen der Lehrkräfte die Ausführungen von Herzig (2020), indem

die Belohnung unmittelbar nach einer Lösung folgen sollte, um die Motivation der Schüler*innen zu fördern. Dennoch wird mehrfach betont, dass ein gewisses Maß eingehalten werden sollte, worauf auch Krauthausen (2012) großen Wert legt. Aus den Ergebnissen wird zudem in Bezug auf die Dimension der *Klassenstufe* ersichtlich, dass Lehrkräfte Wert darauf legen, dass die inhaltlichen Themen einer App sowie das Aufgabenniveau mit der durch die App angesprochenen Jahrgangsstufe übereinstimmen. Dieser Gedanke knüpft an das Mapps-Projekt an, bei welchem eine App hinsichtlich der inhaltsbezogenen Kompetenzen aus dem Lehrplan untersucht wird (vgl. ebd., S. 9).

Die befragten Lehrkräfte haben in ihren Antworten zudem einen starken Fokus auf die gestalterischen Elemente einer App gelegt, welche sich im Rahmen dieser Studie in die Dimensionen der *App-Bedienung* und der *multimedialen Darstellungsformen* untergliedern.

Die Dimension der *App-Bedienung* innerhalb der Oberflächenmerkmale findet bei Walter und Schwätzer (2023) bisher keine explizite Berücksichtigung. Viele Lehrkräfte nennen in diesem Zusammenhang eine *intuitive Bedienung*, die ein selbstständiges Arbeiten mit der App ermöglicht. Besonders häufig fallen den Lehrkräften die unübersichtlichen Funktionen der App Rechenfeld auf. Außerdem betonen sie, dass eine kindgerechte Erklärung bzw. Anleitung über die Funktionen und Aufgaben der App (wie bei der App *Conni*) ein selbstständiges Arbeiten unterstützt. Dieser funktionale Aspekt ist in der Forschung zum Lernen mit digitalen Medien nicht neu (vgl. Irion & Kammerl, 2018, S. 17). Auch hier wird betont, dass mögliche Bedienfragen vor der Verwendung eines digitalen Mediums im Unterricht berücksichtigt werden müssen (vgl. ebd., S. 17).

Die Kategorie *Zugang mathematischer Inhalte*, welche ebenfalls unter die Dimension der App-Bedienung fällt, ist mit der Kategorie „Reduzierung aufs Wesentliche“ nach Walter und Schwätzer (2023) vergleichbar. Mit dieser Kategorie wird der Fokus darauf gelegt, dass der mathematische Kern im Zentrum stehen soll und durch gestalterische Zusätze (wie bunte Einkleidungen in Geschichten, Sounds, Animationen, ...) nicht in den Hintergrund gerät (vgl. ebd., S. 9). Auch die befragten Lehrkräfte legen Wert darauf, dass der mathematische Kern in einer App erkennbar ist. Es zeigt sich in den Äußerungen aber auch, dass viele Lehrkräfte einen spielerischen Zugang für sinnvoll halten, sofern dieser den mathematischen Inhalt nicht überdeckt und ausreichend mathematische Aufgaben integriert sind. Die Elemente, die einen spielerischen Zugang ausmachen, sind von den Lehrkräften nicht genau definiert, weisen aber starke Bezüge zu den multimedialen Darstellungsformen auf.

Im erarbeiteten Kategoriensystem fallen unter die Dimension *multimediale Darstellungsformen* drei Kategorien: *Sounds und Animationen*, *optisches Design* sowie *Sprache*. In Bezug auf die Kategorie *Sounds und Animationen* sind sich die Lehrkräfte analog zur fachdidaktischen Literatur (vgl. Krauthausen 2012, S. 66) einig, dass Sounds und Animationen den mathematischen Kern nicht überdecken dürfen. Fachunspezifische Animationen (wie die Meerjungfrau in der App *Mathe Lite*) werden hierbei allerdings

nicht grundsätzlich als schlecht bewertet, sie sollten nach Meinung der Lehrkräfte jedoch eine sinnvolle Funktion erfüllen (wie die Möglichkeit des Sprechens). Unter der Kategorie *optisches Design* werden besonders positiv die spielerisch eingekleideten Aufgaben bewertet, sofern diese thematisch abgestimmt und farblich ansprechend gestaltet sind. Dieser Aspekt steht in direktem Gegensatz zum Kriterium „Reduzierung aufs Wesentliche“ von Walter und Schwätzer (2023) sowie dem didaktischen Primat nach Krauthausen (2012). Insgesamt lässt sich an dieser Stelle sagen, dass der mathematische Fokus für beide Parteien (Mathematikdidaktiker*innen und Lehrkräfte) zentral ist, Lehrkräfte sehen in einem ansprechenden spielerischen Design (mit maßvoll eingesetzten Sounds und Animationen) jedoch keine grundsätzliche Hinderung am mathematischen Arbeiten, sondern eine Möglichkeit, die Schüler*innen zu motivieren.

Eine weitere Kategorie, welche in der mathematikdidaktischen Forschung keine große Rolle spielt und ebenfalls unter die multimedialen Darstellungsformen einer App fällt, ist die *Sprache* innerhalb einer App. Die befragten Lehrkräfte äußern sich negativ in Bezug auf die Klangqualität und Verständlichkeit der computergenerierten Stimme in den Apps *Einspluseins* und *Rechenfeld*. Beide Apps wurden vom Mathematikdidaktiker Urff (o. J.) entwickelt, was ein Hinweis darauf ist, dass dem Aspekt der Sprache in der Mathematikdidaktik bisher wenig Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

Die Hauptkategorie der Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu den *mathematikdidaktischen Potenzialen* gleicht dem theoretischen Hintergrund dieser Arbeit (siehe Kapitel 2.3.3) und stimmt mit den Überlegungen von Rink und Walter (2020) größtenteils überein, die sechs mathematikdidaktische Potenziale benennen. Fünf dieser Potenziale werden in den Ausführungen ebenfalls genannt – ein Potenzial, die *Multitouch-Bedienung*, wird nicht genannt. Dies kann entweder daran liegen, dass die Lehrkräfte dieses Potenzial von Apps nicht kennen oder daran, dass sie dieses Potenzial nicht als relevant für den Lernprozess erachten. Hingegen wird von den Lehrkräften besonders häufig das Potenzial der *informativen Rückmeldung* genannt. Diese bezieht sich im Gegensatz zu Rink und Walter (2020) allerdings nicht nur auf den Zeitpunkt nach der Bearbeitung einer Aufgabe, sondern auch auf (auditive) Rückmeldungen bzw. Hilfestellungen, die nach einer Anforderung (z. B. durch Hilfebutton) geleistet werden. Diese Form der Rückmeldung bezieht sich demnach nicht speziell auf die schon bereits bearbeitete Aufgabe, sondern fokussiert mehr eine Erklärung *wie* die Aufgabe gelöst werden kann. Diese konstruktiven und prozessorientierten Hinweise werden von einigen Lehrkräften als ein Element betont, dass sie sich (auf auditive und visuelle Weise) häufiger in Apps wünschen würden. Rein produktorientierte Hinweise sehen sowohl die Lehrkräfte als auch die Mathematikdidaktiker Rink und Walter (2020) nicht als ausreichend an – lediglich als unterstützendes Element für die unmittelbare Rückmeldung über die Richtigkeit einer Antwort.

Innerhalb der Kategorie *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen* werden die verschiedenen Darstellungsebenen in Apps von Lehrkräften als bereicherndes Element wahrgenommen. Damit wird das Mathematiklernen nach Bruner (1974) – durch den Wechsel zwischen und innerhalb enaktiver, symbolischer und ikonischer Darstellungen – auch in der Praxis als wichtiges Element innerhalb von Apps betrachtet. Lehrkräfte heben besonders die Veranschaulichung von symbolischen Aufgaben durch ikonische Darstellungen sowie deren Vernetzung hervor (also automatische Anpassung der Darstellungen). Diese Ausführungen decken sich mit der Beschreibung des Potenzials durch Rink und Walter (2023). Auch die weiteren Ausführungen der Lehrkräfte bezüglich der mathematikdidaktischen Potenziale (*Verlagerung kognitiver Beanspruchung, Strukturierungshilfen, Passung zwischen Handlung und mentaler Operation*) stimmen mit den Ausführungen von Rink und Walter (2023) überein. An dieser Stelle soll lediglich noch die auditive Unterstützung von Apps herausgestellt werden (Kategorie: *Verlagerung kognitiver Beanspruchung*), da auch diese auffallend oft genannt wurde. Lehrkräfte nennen diese auditive Unterstützung u. a. im Rahmen der App *Mathe Lite*, bei welcher die Aufgaben in ganzen Sätzen bzw. Fragen gestellt werden, ohne dass diese vorgelesen werden (was nach Meinung der Lehrkräfte besser wäre). Des Weiteren wird die Funktion bei der App *Conni* positiv herausgestellt, bei welcher zu Beginn einer Übung auditive Erklärungen über die zu lösende Aufgabe geboten werden. Aus diesem Kontext wird geschlossen, dass sich die auditive Unterstützung nicht nur auf das Vorlesen einer Sachaufgabe beziehen sollte, sondern ebenfalls auf die Erklärung einer (ggf. symbolisch) zu lösenden Aufgabe. Insgesamt wird deutlich, dass auditive Unterstützungen für Lehrkräfte ein zentrales Element von Apps darstellen, welches ebenfalls das selbstständige Arbeiten unterstützen kann. Diese Meinung vertreten auch Rink und Walter (2020).

Die Hauptkategorie der Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu den *unterrichtsorganisatorischen Potenzialen* weist zwei Kategorien auf, die ebenfalls bei Walter und Schwätzer (2023) als Kriterien angelegt sind. Hierbei handelt es sich zum einen um die *Dokumentation von Bearbeitungen* und zum anderen um den *unbegrenzten Vorrat an Material und Aufgaben* (siehe Kapitel 2.3.2). Als eine neue Kategorie hat sich die *Differenzierung* herausgestellt. Diese ist allerdings keine neue Kategorie in dem Sinne, dass sie in der fachdidaktischen Diskussion bezüglich digitaler Medien bislang keine Erwähnung gefunden hätte. So hat Krauthausen (2012) bereits darauf Bezug genommen und einige Probleme bezüglich der Differenzierung in digitalen Apps aufgezeigt. Darunter fällt z. B. die Gefahr, dass die Schüler*innen nach „Lernlügen“ und nicht nach „Lernbedarf“ (ebd., S. 12) die Aufgaben auswählen oder das Problem, dass die Aufgaben lediglich quantitativ (mehr oder weniger) oder qualitativ (leichter oder schwerer) von den Programmierern gestaltet werden und damit nicht individuell auf den Lernbedarf der Schüler*innen abgestimmt sind (vgl. ebd., S. 13). Die Ergebnisse der

vorliegenden Studie können und sollen diesen Standpunkt nicht widerlegen. Dennoch sehen Lehrkräfte in der Differenzierung eher eine unterstützende Möglichkeit, um der Heterogenität im Klassenzimmer gerecht zu werden. In diesem Zusammenhang stellen sie einerseits die mathematischen Konfigurationen in Apps heraus (wie die Einstellungen des Zahlenraums oder das Weglassen oder Hinzufügen von ikonischen Darstellungen). Andererseits sehen sie auch schon in der alleinigen Verwendung von digitalen Apps die Möglichkeit, die Arbeitsgeschwindigkeit den Schüler*innen selbst zu überlassen, da kein vorgegebener Zeitrahmen für die einzelnen Aufgaben (wie sonst bei einer Arbeit im Plenum) gegeben ist. Allerdings kann dieser Aspekt nur dann erfüllt werden, wenn es innerhalb der App keine Zeitbeschränkungen gibt.

Die Hauptkategorie der Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* gleicht den aufgestellten Kriterien nach Walter und Schwätzer (2023). Sowohl die Mathematikdidaktiker als auch die Lehrkräfte sehen zwei unterschiedliche Ansätze: die *explizite* und die *implizite Förderung prozessbezogener Kompetenzen* innerhalb einer App (vgl. ebd., S. 17). Ebenfalls stimmen die Meinungen der Lehrkräfte mit den Ergebnissen der Analyse nach Walter und Schwätzer (2023) darin überein, dass Apps überwiegend keine expliziten Bezüge in Form einer konkreten Aufgabenstellung aufweisen (ebd. S. 17). Demzufolge reicht die alleinige Verwendung digitaler Apps für die Förderung prozessbezogener Kompetenzen nicht aus. Bei den impliziten Bezügen legen die Lehrkräfte ihren Fokus neben den Impulsen durch die Lehrkraft stark auf den möglichen Einsatz der Apps in Sozialformen. Demnach ist es den Lehrkräften mit Bezug auf die implizite Förderung prozessbezogener Kompetenzen wichtig, dass die App-Gestaltung den sozialen Einsatz ermöglicht. Einige Lehrkräfte haben in diesem Kontext zudem Unterstützungsmechanismen in Apps festgestellt, die zur impliziten Förderung prozessbezogener Kompetenzen beitragen können. Diese Mechanismen haben dabei einen starken Bezug zu den mathematikdidaktischen Potenzialen, wie z. B. der Synchronität und Vernetzung von Darstellungen. Das hebt den Bezug zwischen diesen beiden Hauptkategorien (mathematikdidaktische Potenziale und prozessbezogene Kompetenzen) stark hervor. Eine App, die demnach viele mathematikdidaktische Potenziale besitzt, hat tendenziell Potenzial dazu, auch die prozessbezogenen Kompetenzen zu fördern.

Die Hauptkategorie der Gestaltungsmerkmale einer App mit Bezug zum *produktiven Üben* weist große Überschneidungen mit den Erkenntnissen aus dem theoretischen Hintergrund dieser Arbeit auf (siehe Kapitel 2.2.2). Die Lehrkräfte erkennen in den Apps vielfältige *Funktionen von Aufgaben*, die den Phasen des Übens nach Wittmann (1992) gleichen und somit ein bereicherndes Gestaltungsmerkmal von Apps aus der Sicht von Lehrkräften darstellen. In Bezug auf das *Aufgabenformat* lässt sich festhalten, dass einige Lehrkräfte Wert darauf legen, dass in Apps die Berechnung von Aufgaben möglich ist.

Apps, die eine Digitalisierung von analogen Materialien darstellen, werden von Lehrkräften kontrovers betrachtet. Zwei Lehrkräfte äußern sich sehr klar gegen diese Apps, da sie „keinen Mehrwert“ gegenüber den analogen Materialien generieren würden. Andere hingegen sehen in den Apps ein großes Potenzial, da diese für den Aufbau von Grundvorstellungen, entdeckendes Lernen oder Einsichten in Strukturen und Zusammenhänge, also für die ersten drei Phasen des Übens nach Wittmann (1992), verwendet werden können. In diesem Fall merken Lehrkräfte allerdings mehrfach an, dass es dafür Nutzungsbedingungen gibt (wie begleitende Aufgaben durch die Lehrkraft oder den Anschluss an ein ActivePanel). Diese unterrichtliche Rahmung wird auch in der fachdidaktischen Literatur als zentral herausgestellt (vgl. Rink & Walter, 2020, S. 17). Im Folgenden wird nun noch auf die Verteilung der untersuchten Apps in den unterschiedlichen Phasen des Übens aus Sicht der Lehrkräfte eingegangen, welche im obigen Ergebnisteil bereits dargelegt wurde (siehe Kapitel 4.2). Der mögliche Einsatz der App *Rechenfeld* in allen vier Phasen des Übens unterstreicht die Ansicht nach Walter (2022), dass die Zuordnung nicht eindimensional und starr ist, sondern je nach Unterrichtsziel variabel sein kann. Grundsätzlich lässt sich aber eine Tendenz aufzeigen: Apps mit vielen mathematikdidaktischen Potenzialen und ohne einen spielerischen Zugang werden für den Einsatz in den ersten drei Phasen bevorzugt. In der vierten Phase überwiegt hingegen der Einsatz der App *Conni* – also eine App mit einem spielerischen Zugang. Aus der fachdidaktischen Analyse der Apps (siehe Kapitel 3.4.2) lässt sich entnehmen, dass in dieser Phase aus fachdidaktischer Sicht ebenfalls die App *Einspluseins* denkbar wäre, die von den Lehrkräften in der Praxis allerdings nur sehr vereinzelt als in dieser Phase anwendbar genannt wird. Das lässt den Schluss zu, dass besonders für die Sicherung und Geläufigkeit Apps mit einem spielerischen Zugang favorisiert werden. Insgesamt macht die Verteilung deutlich, dass je nach Phase des Übens unterschiedliche Gestaltungsmerkmale einer App bevorzugt werden.

Diskussion untersuchter Apps und Einstufung hinsichtlich Unterrichtseignung

Die herausgearbeiteten Gestaltungsmerkmale einer App, die aus Sicht der Lehrkräfte eine wesentliche Bedeutung haben, sind in einer zusammenfassenden Tabelle als Kriterienkatalog angelegt (siehe Anhang 3). Dieser soll an dieser Stelle angewendet werden und dabei unterstützen, die ausgewählten Apps entsprechend ihrer Unterrichtseignung aus Lehrerperspektive einzustufen.

Die zwei Apps *Rechenfeld* und *Rechendreieck* weisen einen rein mathematischen Zugang auf. Sounds und Animationen sind reduziert vorhanden und auch die Farben der Apps sind eindeutig abgrenzbar und reduziert. Die beiden Apps weisen eine Vielzahl von mathematikdidaktischen Potenzialen auf, die von den Lehrkräften genannt wurden. Daneben werden außerdem einige der unterrichtsorganisatorischen Potenziale erfüllt sowie die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen durch implizite Bezüge.

Produktives Üben kann in der Form stattfinden, dass die Apps durch begleitende Aufgabenstellungen der Lehrkraft oder durch ein ActicePanel genutzt werden können. Diese erfüllten Kriterien sowie die Einschätzung der Lehrkräfte, dass sie diese Apps in ihrem Unterricht nutzen würden (insbesondere in den ersten drei Phasen des Übungsprozesses), machen deutlich, dass diese zwei Apps *definitiv* unterrichtsgeeignet sind.

Wendet man die Kriterien aus dem Kriterienkatalog für die App *Einspluseins* an, so lässt sich Folgendes festhalten: Die App weist ebenfalls einen rein mathematischen Zugang auf. Sie ist intuitiv nutzbar und Sounds und Animationen werden reduziert verwendet. Es wird eine Sprache in der App verwendet, die allerdings auf einer computergenerierten Stimme beruht. Das Belohnungssystem weist einige Defizite auf, da ein Aufgabensatz zu groß gestaltet ist und die Prozentangabe nicht der angesprochenen Klassenstufe entspricht. Zudem ist die Belohnung sehr eintönig und ermöglicht keine Sammlung virtueller Elemente. Einige mathematikdidaktische sowie unterrichtsorganisatorische Potenziale werden hingegen von der App erfüllt, allerdings können keine prozessbezogenen Kompetenzen mit der App gefördert werden. Hinsichtlich des produktiven Übens lässt sich festhalten, dass die Aufgaben der App durch gestützte Darstellungen ergänzt werden und die App für verschiedene Phasen des Übens eingesetzt werden kann. Aus den aufgeführten teilweise erfüllten Kriterien lässt sich der Schluss ziehen, dass die App aus Lehrerperspektive *tendenziell* unterrichtsgeeignet ist.

Bei der App *Conni* handelt es sich um eine App mit einem spielerischen Zugang, wobei dennoch ausreichend mathematische Aufgaben integriert sind und eine intuitive Bedienung ermöglicht wird. Bezüglich des optischen Designs lässt sich festhalten, dass die Aufgaben spielerisch eingekleidet sind, wobei die Farben eindeutig voneinander abgrenzbar sind. Die Sounds und Animationen sind größtenteils mit einer Funktion verknüpft. Zudem sind speziell die Sounds nicht kontinuierlich während der Benutzung der App zu hören. Es gibt in der App eine Sprache, die verständlich und nicht computergeneriert ist. Das Belohnungssystem beinhaltet die Möglichkeit der Sammlung von virtuellen Elementen und wirkt zu verschiedenen Zeitpunkten. Die inhaltlichen Themen der App sind auf die abgezielte Klassenstufe angepasst. Zudem werden mathematikdidaktische Potenziale in der Hinsicht erfüllt, dass es eine Vorlesefunktion gibt sowie Rückmeldungen in Form von auditiven Erklärungen nach einer Bearbeitung oder nach Drücken eines Hilfebuttons erfolgen. Zudem ermöglicht die App einige unterrichtsorganisatorische Potenziale. Prozessbezogene Kompetenzen werden nicht gefördert. Zuletzt ist noch bezüglich des produktiven Übens zu erwähnen, dass in der App Aufgaben aktiv berechnet werden können und teilweise gestützt vorliegen. Aus diesen erfüllten Kriterien und in Kombination mit den Aussagen der Lehrkräfte, dass sie diese App (insbesondere für die vierte Phase des Übungsprozesses) favorisieren, wird der Schluss gezogen, dass diese App aus Lehrerperspektive *definitiv* unterrichtsgeeignet ist.

Abschließend sollen die zwei Apps *Mathe Land* und *Mathe Lite* hinsichtlich des Kriterienkatalogs untersucht werden. Beide Apps weisen ebenfalls einen spielerischen Zugang auf. Bei der App *Mathe Land* sind jedoch nur wenig mathematische Aufgaben integriert. Sounds und Animationen, Farben sowie Belohnungssysteme sind in einem großen Ausmaß vorhanden und somit nicht auf das Wesentliche reduziert. Eine Sprache ist nicht vorhanden. Zudem gibt es keine mathematikdidaktischen Potenziale und auch die Förderung prozessbezogener Kompetenzen ist nicht möglich. Unterrichtsorganisatorische Potenziale werden hingegen teilweise erfüllt. Zuletzt ist in Bezug auf diese App festzuhalten, dass aktiv Aufgaben berechnet werden können, welche jedoch nicht gestützt oder strukturiert dargestellt werden.

Die App *Mathe Lite* zeigt ein ähnliches Bild. So ist in dieser App keine intuitive Bedienung möglich und auch die optische Gestaltung wird durch viele bunte Farben und Darstellungen, die nicht trennscharf voneinander abzugrenzen sind, dominiert. Anders als bei *Mathe Land* werden Sounds und Animationen maßvoll genutzt, allerdings erfüllen sie keine ausreichende Funktion. Zudem ist keine Sprache in der App vorhanden. Bezüglich des Belohnungssystems ist festzuhalten, dass virtuelle Elemente in Form von Punkten gesammelt werden können, diese sind jedoch in den Einstellungen der App versteckt und somit nicht offensichtlich für die Schüler*innen sichtbar. Des Weiteren dominiert eine einfache Belohnung (in Form eines Lichts oder Sounds). Bezüglich der mathematischen Inhalte ist zu sagen, dass die inhaltsbezogenen Kompetenzen nicht mit der vorgesehenen Klassenstufe der App übereinstimmen und das Aufgabenniveau der Inhalte nicht angemessen abgestimmt ist. Mathematikdidaktische Potenziale sowie die Möglichkeit der Förderung prozessbezogener Kompetenzen sind nicht enthalten. Unterrichtsorganisatorische Potenziale werden hingegen teilweise erfüllt. Zuletzt ist bezüglich des produktiven Übens festzuhalten, dass es in *Mathe Lite* die Möglichkeit gibt, aktiv Aufgaben zu lösen, jedoch werden die Aufgaben dabei nur geringfügig (und farblich nicht angemessen) gestützt dargestellt.

Diese Darstellung überwiegend nicht erfüllter Kriterien sowie die nur sehr vereinzelte Nennung der beiden Apps im Übungsprozess, lassen den Schluss zu, dass *Mathe Land* und *Mathe Lite* aus Lehrerperspektive *eher weniger* für den Unterricht geeignet sind.

Diese Einordnung offenbart, dass der erarbeitete Kriterienkatalog zur Einstufung von Apps bezüglich ihrer Unterrichtseignung anwendbar ist. Außerdem wird deutlich, dass für eine *definitive* Nutzung nicht unbedingt alle Kriterien erfüllt sein müssen.

5 Fazit

Im folgenden Fazit wird auf Basis der systematisch und analytisch generierten Studienergebnisse die übergeordnete Forschungsfrage abschließend beantwortet, welche lautet: *Welche Gestaltungsmerkmale sollten Mathematik-Apps für die Grundschule aufweisen, damit Lehrkräfte diese in ihrem Unterricht einsetzen würden?*

Mithilfe der durchgeführten Fragebogenerhebung konnte ein Kategoriensystem entwickelt werden, welches die Gestaltungsmerkmale zusammenfasst, die für Lehrkräfte in der Praxis über die Unterrichtseignung einer App entscheiden. Auf oberster Ebene zeigt dieses auf, dass folgende Aspekte als für die Unterrichtseignung einer App entscheidend eingestuft werden: das Vorhandensein bestimmter Oberflächenmerkmale, die Nutzung mathematikdidaktischer Potenziale, die Nutzung unterrichtsorganisatorischer Potenziale, die Förderung prozessbezogener Kompetenzen und das Schaffen einer Plattform, die produktives Üben ermöglicht.

Entlang von diesem Kategoriensystem wurde ein umfassender Kriterienkatalog entwickelt, welcher deutliche Parallelen zu den von Walter und Schwätzer (2023) erarbeiteten Kriterien und auch den weiteren im theoretischen Hintergrund dargelegten fachdidaktischen Grundlagen aufweist, jedoch auch darüber hinausgehende Erkenntnisse aus der Lehrerperspektive hinzufügt. Somit ist der Anspruch der Studie, einen Theorie-Praxis-Bezug herzustellen und hieraus einen Mehrwert zu generieren auf zwei Dimensionen erfüllt: zum einen wurde die Anwendbarkeit fachdidaktischer Konzepte in der Praxis (in großen Teilen) bestätigt, zum anderen konnten neue Aspekte herausgearbeitet werden, die wiederum helfen werden, die fachdidaktische Forschung weiterzuentwickeln (z. B. im Rahmen des Mappa-Projektes).

Je nach Erfüllung der aus dem Kategoriensystem bzw. dem abgeleiteten Kriterienkatalog hervorgehenden Gestaltungsmerkmale, lassen sich Einstufungen vornehmen, inwiefern eine App aus Sicht von Lehrpersonen potenziell unterrichtsg geeignet ist. So hat bereits die Analyse der in dieser Studie enthaltenen Apps gezeigt, dass es hinsichtlich dieser Einstufung Zwischenstufen geben kann (*definitiv geeignet, tendenziell geeignet, eher weniger geeignet*). Hierbei ist es wichtig zu betonen, dass je nach Funktion im Unterricht unterschiedliche Gestaltungsmerkmale einer App bevorzugt werden. Geht es im Unterricht um den Aufbau eines inhaltlichen Verständnisses, werden Apps mit einem rein mathematischen Zugang und vielen mathematikdidaktischen Potenzialen bevorzugt. Geht es um die Sicherung und Automatisierung, so werden von einigen Lehrkräften Apps bevorzugt, die mathematische Kontexte in einen spielerischen Kontext integrieren, da dies als motivationssteigernd empfunden wird.

An dieser Stelle soll abschließend auf die Grenzen dieser Studie eingegangen werden sowie ein Ausblick potenzieller Folgestudien gegeben werden.

Die Studie setzt auf einer repräsentativen Stichprobe in Bezug auf die befragten Lehrkräfte auf. Nichtsdestotrotz kann nicht ausgeschlossen werden, dass eine noch größere Stichprobe die Ergebnisse erweitert hätte. Auch die Auswahl der sechs untersuchten Apps stellt eine Prämisse der Studie dar, aus einer anderen Auswahl hätten hier ggf. andere bzw. weitere Erkenntnisse generiert werden können. Außerdem wurde die Fragebogenerhebung zwar bewusst als Methode gewählt, um den teilnehmenden Lehrkräften zu ermöglichen, die Apps mit den zur Verfügung gestellten iPads auszuprobieren und ihre Einschätzungen parallel festzuhalten. Jedoch bringt dieser Aspekt die Grenze mit sich, dass die Rahmenbedingungen während der Beantwortung des Fragebogens nicht genau nachvollzogen werden können. Als letzte Grenze der Erhebung ist zu nennen, dass die Lehrkräfte durch die Struktur des Fragebogens nicht vollständig frei in ihrer Antwortgestaltung sind.

Aufbauend auf die obig identifizierte Grenze der App-Auswahl, wäre eine potenzielle Folgestudie, dieselbe Studie mit anderen Apps zu wiederholen und die Ergebnisse anschließend zu vergleichen. Zur weiteren Validierung der Ergebnisse, wäre zudem eine Folgestudie sinnvoll, in der Apps nach den erarbeiteten Gestaltungsmerkmale ausgewählt und nochmals von Lehrkräften hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit im Unterricht bewertet werden. Zuletzt wäre es denkbar, die Apps im Unterricht auszuprobieren, um so aus der gelebten Praxis weitere Rückschlüsse darüber zu erhalten, ob eine App geeignet oder ungeeignet für die Nutzung im Unterricht ist und welche Kriterien hierbei entscheidend sind.

Literaturverzeichnis

- Aebli, H. (1983). *Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation, der Lernzyklus*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Aeppli, J., Gutzwiller, E., Gasser, A. & Tettenborn, G. (2014). *Empirisches wissenschaftliches Arbeiten. Ein Studienbuch für die Bildungswissenschaften*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt Verlag.
- Aufenanger, S. (2020). Tablets in Schule und Unterricht – Pädagogische Potenziale und Herausforderungen. In D. M. Meister & I. Mindt (Hrsg.), *Mobile Medien im Schulkontext* (S. 29-46). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Aufenanger, S. & Bastian, J. (2017). Einführung: Tableteinsatz in Schule und Unterricht – wo stehen wir? In S. Aufenanger & J. Bastian (Hrsg.), *Tablets in Schule und Unterricht: Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien* (S. 1-11). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Böhme, R., Munser-Kiefer, M. & Prestridge, S. (2020). Lernunterstützung mit digitalen Medien in der Grundschule. Theorie und Empirie zur Wirkungsweise zentraler Funktionen und Gestaltungsmerkmale. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 13(1), 1-14.
- Bonow, J. (2020). Rechendreiecke analog und digital. Potenziale der Kombination von Arbeitsmitteln in inklusiven Settings. In S. Ladel, C. Schreiber, R. Rink, & D. Walter (Hrsg.), *Forschung zu und mit digitalen Medien. Befunde für den Mathematikunterricht der Primarstufe* (Bd. 6, S. 55–71). Münster: WTM Verlag.
- Bonow, J., Dexel, T., Rink, R., Schreiber, C., Walter, D. (2022). *Digitale Medien und Heterogenität: Chancen und Herausforderungen für die Mathematikdidaktik*. Münster: WTM Verlag.
- Brandt, B., Dausend, H. & Sitter, R. (2018). Lernen digital. Fachliche Lernprozesse im Elementar- und Primarbereich anregen. In B. Brandt & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule. Fachliche Lernprozesse anregen* (S. 7-16). Münster: Waxmann.

- Bruner, J. (1974). *Entwurf einer Unterrichtstheorie*. Berlin [u. a.]: Berlin Verlag.
- Brüstemeister, T. (2008). *Qualitative Forschung. Ein Überblick*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ernst Klett Verlag (o. J.). Blitzrechnen 1 - 4. Online unter: <https://www.klett.de/produkt/isbn/ECN60003APA99> (Zugriff am: 19.06.23).
- Etzold, H. (2021). Digitales Lernen Grundschule. Online unter: <https://dlgs.uni-potsdam.de/apps/kl%C3%B6tzchen> (Zugriff am: 21.05.23).
- Frischemeier, D. (2020). Nutzungsweisen der Software TinkerPlots bei der Analyse von Daten – Eine explorative Fallstudie mit Schülerinnen und Schülern der Primarstufe. In S. Ladel, R. Rink, C. Schreiber, & D. Walter (Hrsg.), *Forschung zu und mit digitalen Medien – Befunde für den Mathematikunterricht der Primarstufe* (S. 181–200). Münster: WTM-Verlag.
- Gies, H. (2004). *Geschichtsunterricht. Ein Handbuch zur Unterrichtsplanung*. Köln, Weimar, Wien: Böhlau Verlag.
- Herzig, B. (2020). Digitalisierung – Revolution des Lernens? In D. M. Meister & I. Mindt (Hrsg.), *Mobile Medien im Schulkontext* (S. 7-28). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Höfler, E. & Klopp, M. (2018). MOOCs und Mobile Learning. Potenziale und Herausforderungen. In C. de Witt & C. Gloerfeld (Hrsg.), *Handbuch Mobile Learning* (S. 543-566). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Irion, T. & Kammerl, R. (2018). Mit digitalen Medien lernen. Grundlagen, Potenziale und Herausforderungen. *Die Grundschulzeitschrift*, 32 (307), 12-17.
- Irion, T., Ruber, C. & Schneider, M. (2018). Grundschulbildung in der digitalen Welt. Grundlagen und Herausforderungen. In S. Ladel, J. Knopf & A. Weinberger (Hrsg.), *Digitalisierung und Bildung* (S. 39-58). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Käpnick, F. & Benölken, R. (2020). *Mathematiklernen in der Grundschule*. Berlin: Springer Spektrum.

- KMK - Kultusministerkonferenz (2016). *Bildung in der digitalen Welt*. Online unter: <https://www.kmk.org/presse/pressearchiv/mitteilung/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html> (Zugriff am: 18.07.23).
- KMK - Kultusministerkonferenz (2021). Lehrplan für die Primarstufe in Nordrhein-Westfalen. Fach Mathematik. Online unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/289/ps_lp_m_einzeldatei_2021_08_02.pdf (Zugriff am: 18.07.23).
- Kortenkamp, U. (2021). Digitales Lernen Grundschule. Online unter: <https://dlgs.uni-potsdam.de/apps/stellenwerttafel> (Zugriff am: 21.05.2023).
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Berlin [u. a.]: Springer Spektrum.
- 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). Münster: Waxmann.
- Krauthausen, G., Michalik, K., Krieger, C. & Jastrow, F. (2020). *Tablets im Grundschulunterricht: Fachliches Lernen, Medienpädagogik und informatorische Bildung*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- Ladel, S. (2017). Ein TApplet für die Mathematik. In J. Bastian & S. Aufenanger (Hrsg.), *Tablets in Schule und Unterricht - Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien* (S. 301 - 326). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Ladel, S. (2018). Sinnvolle Kombination virtueller und physischer Materialien. In S. Ladel, J. Knopf & A. Weinberger (Hrsg.), *Digitalisierung und Bildung* (S. 3-22). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz.
- Oddrobo Software AG (2018). König der Mathematik 2. Online unter: <http://oddrobo.com/kingofmath2> (Zugriff am: 30.06.23).
- Pallack, A. (2018). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I + II*. Berlin: Springer Spektrum.

- PIKAS-Team (2020). Software. Leitfragenkatalog zur Softwareauswahl für den Einsatz im Mathematikunterricht. Online unter: https://pikas-digi.dzlm.de/sites/pikasdg/files/uploads/Software/kriteriengeleitete-softwareauswahl/sw_leitfragenkatalog_appauswahl.pdf (Zugriff am: 21.05.2023).
- PIKAS-Team (2023). PIKAS digi. Apps für den Mathematikunterricht. Online unter: https://pikas-digi.dzlm.de/sites/pikasdg/files/uploads/Software/apps-fuer-den-mathematikunterricht/sw_apps fuer den mathematikunterricht_appliste_200417.pdf (Zugriff am: 19.06.23).
- Pinkernell, G., Reinhold, F., Schacht, F. & Walter, D. (2022). *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule. Aktuelle Forschungsbefunde im Überblick*. Berlin: Springer Spektrum.
- 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). Münster: WTM-Verlag.
- PriMaKom (2015). Der Übungsprozess. Online unter: <https://primakom.dzlm.de/primafiles/uploads/Images/uebungsmatrix.pdf> (Zugriff am: 22.05.23).
- Rink, R., & Walter, D. (2020). *Digitale Medien im Mathematikunterricht: Ideen für die Grundschule*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Schulz, A. & Walter, D. (o. J.). Stellenwerte üben. Online unter: <https://daniel-walter.de/apps/> (Zugriff am 17. 06.23).
- Steffen, A. (2021). *Digitale Lernbegleitungen bei der Bearbeitung von Raumvorstellungsaufgaben – Eine Interventionsstudie mit einem digitalen Spielsystem im frühkindlichen Bildungsbereich*. Münster: Waxmann.
- Urf, C. (o. J.). Digitale Lernmedien – Apps und mehr. Online unter: <http://www.lernsoftware-mathematik.de/> (Zugriff am: 21.05.2023).
- Urf, C. (2014). *Digitale Lernmedien zur Förderung grundlegender mathematischer Kompetenzen – Theoretische Analysen, empirische Fallstudien und praktische Umsetzung anhand der Entwicklung virtueller Arbeitsmittel*. Berlin: Mensch und Buch Verlag.

- Urlen, M. (2018). DJI-Projekt „Apps für Kinder“. Die Bewertungskriterien der Datenbank „Apps für Kinder“. Online unter: <https://www.dji.de/ueberuns/projekte/projekte/apps-fuer-kinder-angebote-und-trendanalysen/datenbank-apps-fuer-kinder/projekt-apps-fuer-kinder-bewertungskriterien.html> (Zugriff am 21.05.2023).
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps: Eine Untersuchung bei zählend rechnenden Lernenden zu Beginn des zweiten Schuljahres*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Walter, D. (2022). Mathematikunterricht mit digitalen Medien. Eine fachdidaktische Perspektive. In B. Brandt, L. Bröll & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule III. Fachdidaktiken in der Diskussion* (S. 19-39). Münster: Waxmann.
- Walter, D., & Schwätzer, U. (2023). Mathematikapps für die Grundschule analysieren. *Zeitschrift für Mathematikdidaktik in Forschung und Praxis*, 4. Online unter: https://zmf.de/fileadmin/user_upload/veroeffentlichungen/ZMFP_Beitrag_Walter_Schwaetzer_final.pdf (Zugriff am: 18.07.23).
- Walter, D. & Schwätzer, U. (o. J.). Mapps.de – Mathe-Apps für die Grundschule analysieren. App-Datenbank (Archiv 08/22). Online unter: <https://mapps.de/app-datenbank-archiv/> (Zugriff am: 19.07.23).
- Wittmann, E. Ch. (1992). Üben im Lernprozeß. In E. Ch. Wittmann & G. N. Müller (Hrsg.), *Handbuch produktiver Rechenübungen, Band 2: Vom halbschriftlichen zum schriftlichen Rechnen* (S. 175–182). Stuttgart: Klett.

Anhang

Anhang 1: Datenerhebung mittels Fragebogen	61
Anhang 1.1: Aufbau des Fragebogens	61
Anhang 1.2: Fragebogenantworten	66
Anhang 2: Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring.....	84
Anhang 2.1: Paraphrasierungen der Fragebogenantworten	84
Anhang 2.2: Durchführung der Zusammenfassung	99
Anhang 2.3: Tabellarische Übersicht des Kategoriensystems	118
Anhang 3: Kriterienkatalog auf Basis der Kategorien	120

Anhang 1: Datenerhebung mittels Fragebogen

Anhang 1.1: Aufbau des Fragebogens



Fragebogen: Mathematik-Apps im Unterricht

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

im Rahmen meiner Masterarbeit „Eine empirische Studie zum Einsatz von Mathematik-Apps in der Grundschule“ führe ich eine Umfrage mit Lehrkräften durch. Ich möchte der Frage nachgehen, welche Kriterien eine Mathematik-App erfüllen muss, damit Lehrkräfte (Sie) eine App im Unterricht einsetzen würden. Damit unterstütze ich das bestehende Projekt "mapps.de" der UDE, bei dem bereits eine große Datenbank mit Apps für die Grundschule erstellt wurde. Diese soll mithilfe meiner empirischen Arbeit, also basierend auf Ihrem Input, ergänzt werden.

Ihre Antworten sind anonymisiert und werden selbstverständlich vertraulich behandelt. Ich würde mich freuen, wenn Sie mich bei meiner Forschung unterstützen!

Herzliche Grüße
Tanja Friemel



 Nicht freigegeben

Anleitung für die Beantwortung des Fragebogens

Ich habe an Ihrer Schule ein iPad mit sechs Apps bereitgestellt (da die Apps teilweise kostenpflichtig sind). Bitte schauen Sie sich für die Beantwortung des Fragebogens diese sechs Apps an:

- Conni Mathe 1. Klasse, Rechenfeld, Einspluseins, Mathe 1. Klasse Lite, Mathe Land: Lernen Kopfrechnen und Rechendreieck.
- Bitte denken Sie daran den Ton während des Ausprobierens anzuschalten.

Anschließend ist die Beantwortung des Fragebogens angedacht. Dieser umfasst größtenteils offene Fragen, die Sie aus Ihrer **persönlichen Sicht** beantworten sollten. Es gibt hier kein richtig oder falsch! Ich möchte gerne Ihre Sicht auf die Mathematik-Apps erfahren und untersuchen.

Fragen zu Ihrer Person und Schule

Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:

- Weiblich
- Männlich
- Divers

Wie alt sind Sie?

Meine Antwort _____

An welcher Schule arbeiten Sie?

Meine Antwort _____

Wie würden Sie die Lernumgebung Ihrer Schule beschreiben? (z.B. kulturelle Vielfalt, digitale Ausstattung)

Meine Antwort _____

Welchen fachlichen Hintergrund haben Sie im Bereich Mathematik?

- Ich habe Mathematik auf Lehramt studiert.
- Ich habe Mathematik anderweitig studiert.
- Ich unterrichte Mathematik fachfremd.
- Sonstiges: _____

In welcher Klassenstufe unterrichten Sie Mathematik?

- 1. Klasse
- 2. Klasse
- 3. Klasse
- 4. Klasse

Wie häufig benutzen Sie Mathematik-Apps im Unterricht?

- Gar nicht
- Selten
- Gelegentlich
- Häufig
- Sehr häufig

Falls Ihre obige Antwort "gar nicht" lautet: Warum setzen Sie keine Apps im Unterricht ein?

Meine Antwort _____

Fragen nach oder während des Ausprobierens der Apps

Die folgenden Fragen beziehen sich auf alle Apps. Bitte spezifizieren Sie in Ihrer Antwort auf welche App Sie sich jeweils beziehen.

Ihr erster Eindruck: Gibt es Eigenschaften in den Apps, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind und/oder haben Sie bestimmte Bedenken gegenüber einer oder mehreren Apps?

Meine Antwort _____

Wie beurteilen Sie die vorliegenden Apps in Hinblick auf Belohnungsmechanismen sowie zusätzliche Elemente wie Sounds und Animationen?

Meine Antwort _____

Können Sie sich vorstellen, dass sich einige der Apps dazu eignen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler*innen zu fördern (*Problemlösen, Modellieren, Argumentieren, Darstellen/Kommunizieren*)? Wenn ja, welche Apps und inwiefern?

Meine Antwort _____

Die mathematischen Inhalte können selbstverständlich auch analog vermittelt werden. Worin sehen Sie andere bzw. neue Möglichkeiten der digitalen Apps im Vergleich zu den analogen Verfahren?

Meine Antwort _____

In der Mathematikdidaktik werden vier Phasen des Übens unterschieden:

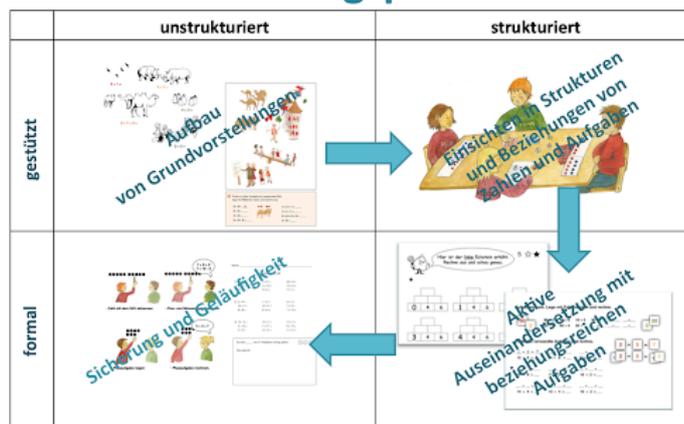
- 1. Phase:** Aufbau von Grundvorstellungen (unstrukturiertes Üben mit Material/Darstellungen)
- 2. Phase:** Einsichten in Strukturen und Beziehungen (strukturiertes Üben mit Material/Darstellungen)
- 3. Phase:** Wissen vernetzen & vertiefen (strukturiertes Üben auf symbolischer Ebene)
- 4. Phase:** Sicherung und Überprüfung (unstrukturiertes Üben auf symbolischer Ebene)

Gibt es Apps, die Sie in eine dieser Phasen in Ihrem Unterricht integrieren würden? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

PriMaKom
Primarstufe Mathematik kompakt

DZLM Deutsches Zentrum für
Lehrerbildung Mathematik

Der Übungsprozess



April 2015 © PriMaKom
<http://primakom.dzlm.de>

24

Meine Antwort

Gibt es Ihrer Ansicht nach Verbesserungsmöglichkeiten der Apps, damit sich alle Schüler*innen motiviert und konzentriert mit den mathematischen Inhalten beschäftigen können? Wenn ja, welche?

Meine Antwort

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Anhang 1.2: Fragebogenantworten

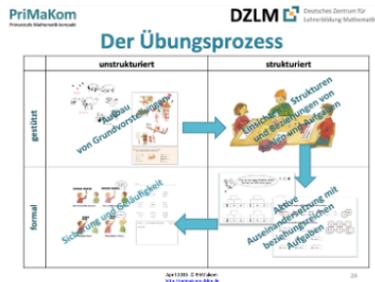
Fall 1:

Fragen zu Ihrer Person und Schule	Fragen nach oder während des Ausprobierens der Apps
<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Weiblich</p> <p><input type="radio"/> Männlich</p> <p><input type="radio"/> Divers</p>	<p>Die folgenden Fragen beziehen sich auf alle Apps. Bitte spezifizieren Sie in Ihrer Antwort auf welche App Sie sich jeweils beziehen.</p>
<p>Wie alt sind Sie?</p> <p>25</p>	<p>Ihr erster Eindruck: Gibt es Eigenschaften in den Apps, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind und/oder haben Sie bestimmte Bedenken gegenüber einer oder mehreren Apps?</p> <p>Manche Apps sind ansprechender gestaltet als andere (ansprechend: Connie, Mathe Klasse 1, Mathe Land lernen). Weniger ansprechend ist hingegen die Computerstimme, die in einigen Apps eingesetzt wird (Einspluseins, Mathe Klasse 1, Rechenfeld). Bei der App Mathe Klasse 1 ist oben die ganze Zeit Werbung zu sehen, das finde ich schwierig. Ansonsten: Connie: Nicht nur das Design ist ansprechend, auch die Aufgaben sind ansprechend gestaltet. Die Aufgaben sollen nicht nur stumpf gerechnet werden, sondern sind mit Kanonen oder ähnlichem versehen. Die verschiedenen Medaillen sind sehr motivierend. Die Tipps können bei Schwierigkeiten verwendet werden. Einspluseins: Bedenklich finde ich, dass bei der falschen Lösung lediglich nur noch die richtige Lösung neben der falschen angezeigt wird. Mathe Klasse 1: Ich finde es schade, dass die Figur nicht wirklich spricht. Es ist positiv, dass verschiedene Rechenoptionen wählbar sind, allerdings sind einige davon für die erste Klasse viel zu komplex - beispielsweise Büche. Auch die Uhrzeiten finde ich noch zu komplex für das erste Schuljahr. Mathe Land lernen: zu viele Optionen und Auswahlmöglichkeiten, sehr starker spielerischer Charakter für nur 5 Aufgaben (zu viel spielen) Rechendreieck: bietet für mich lediglich die Möglichkeit (eventuell sogar nur im Plenum) das Entdecken von Rechendreiecken zu veranschaulichen. Rechenfeld: Sehr viel Anweisung am Anfang, viele Optionen (Z/E, HT Feld, Rechenstich), könnte eine gute Möglichkeit für Schülernnen und Schüler sein um verschiedene Aufgaben zu veranschaulichen und als Unterstützung dienen. Ich finde es allerdings verwirrend, dass die Plättchen auf dem Rechenfeld beliebig verschoben werden können.</p>
<p>An welcher Schule arbeiten Sie?</p> <p>.....</p>	<p>Wie beurteilen Sie die vorliegenden Apps in Hinblick auf Belohnungsmechanismen sowie zusätzliche Elemente wie Sounds und Animationen?</p> <p>Zum Teil: (siehe Antwort 1). Connie: Sehr motivierend, verschiedene Belohnungen für verschiedene Dinge Mathe Land lernen: Wozu sind die ganzen Münzen die eingesammelt werden? Ich persönlich hätte nicht gewusst, was ich mit dem Schlüssel machen soll Sound: Mathe Klasse 1: Ich finde den Ton bei richtiger Antwort sehr laut und unangenehm Ansonsten finde ich die Computerstimme ebenfalls bei den verschiedenen Apps unangenehm</p>
<p>Wie würden Sie die Lernumgebung Ihrer Schule beschreiben? (z.B. kulturelle Vielfalt, digitale Ausstattung)</p> <p>An der Schule lernen verschiedene Kinder mit verschiedenen kulturellen und sozialen Hintergründen, der Großteil der Schülerschaft spricht bereits Deutsch, wenn sie in die erste Klasse kommen. Die Schule ist ausgestattet mit Smartboards und jedes Kind hat ein eigenes iPad + Kopfhörer.</p>	<p>Können Sie sich vorstellen, dass sich einige der Apps dazu eignen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler*innen zu fördern (Problemlösen, Modellieren, Argumentieren, Darstellen/Kommunizieren)? Wenn ja, welche Apps und inwiefern?</p> <p>Ja, bei allen Apps die verschiedene Aufgabenmöglichkeiten anbieten können verschiedene Kompetenzen geübt werden. Allerdings würde ich Rechendreieck und Rechenfeld nur als unterstützung sehen und nicht als Apps die sich zum Fördern verschiedener Kompetenzen anbieten.</p>
<p>Welchen fachlichen Hintergrund haben Sie im Bereich Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ich habe Mathematik auf Lehramt studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich habe Mathematik anderweitig studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich unterrichte Mathematik fachfremd.</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges:</p>	<p>Die mathematischen Inhalte können selbstverständlich auch analog vermittelt werden. Worin sehen Sie andere bzw. neue Möglichkeiten der digitalen Apps im Vergleich zu den analogen Verfahren?</p> <p>Connie: Besonders motivierend + zusätzliche Erklärung Einspluseins: benötigt keine App, kann genau so auch analog gemacht werden Mathe Klasse 1: zu viel, zu komplex/zu simpel -> Brüche auswählbar neben einfachen Zählaufgaben (kann ebenso analog gemacht werden) Mathe Land lernen: zu viel spiel für zu wenig lernen Rechendreieck: Visualisierung wie verändert sich das Rechendreieck, wenn was dazu kommt etc. Sehr gut zur veranschaulichung Rechenfeld: Sehr viel leichter handhabbar, als Material auf dem Tisch, Kann ideal zur Unterstützung eingesetzt werden</p>
<p>In welcher Klassenstufe unterrichten Sie Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 2. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 3. Klasse</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 4. Klasse</p>	<p>Falls Ihre obige Antwort "gar nicht" lautet: Warum setzen Sie keine Apps im Unterricht ein?</p> <p>.....</p>

In der Mathematikdidaktik werden vier Phasen des Übens unterschieden:

1. Phase: Aufbau von Grundvorstellungen (unstrukturiertes Üben mit Material/Darstellungen)
2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen (strukturiertes Üben mit Material/Darstellungen)
3. Phase: Wissen vernetzen & vertiefen (strukturiertes Üben auf symbolischer Ebene)
4. Phase: Sicherung und Überprüfung (unstrukturiertes Üben auf symbolischer Ebene)

Gibt es Apps, die Sie in eine dieser Phasen in Ihrem Unterricht integrieren würden? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.



Connie: 3. Phase
 Rechendreieck: 1. Phase bzw. 2. Phase
 Rechenfeld: 3. Phase bzw. 4. Phase

Gibt es Ihrer Ansicht nach Verbesserungsmöglichkeiten der Apps, damit sich alle Schüler*innen motiviert und konzentriert mit den mathematischen Inhalten beschäftigen können? Wenn ja, welche?

Siehe Antworten zuvor.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Fall 2:

Fragen zu Ihrer Person und Schule	
<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Weiblich</p> <p><input type="radio"/> Männlich</p> <p><input type="radio"/> Divers</p>	<p>Wie beurteilen Sie die vorliegenden Apps in Hinblick auf Belohnungsmechanismen sowie zusätzliche Elemente wie Sounds und Animationen?</p> <p>Sounds und Animationen wirken motivierend für die Kinder und auch Belohnungen wie bei der Conny-App finden die SuS super, es darf aber nicht ablenkend wirken. Bei Conny finde ich vor allem die Belohnung, die es gibt, wenn man 3 Tage hintereinander das Spiel gespielt hat gut, da so das kontinuierliche Üben gefördert wird</p>
<p>Wie alt sind Sie?</p> <p>26</p>	<p>Können Sie sich vorstellen, dass sich einige der Apps dazu eignen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler*innen zu fördern (Problemlösen, Modellieren, Argumentieren, Darstellen/Kommunizieren)? Wenn ja, welche Apps und inwiefern?</p> <p>1 plus 1 hilft beim Darstellen, da immer eine passende Darstellung zur Additions- oder Subtraktionsaufgabe angezeigt wird</p> <p>Rechendreieck hilft zum Problemlösen, da hier ein Muster bzw. Strukturen erkannt werden können, zudem könnten die Kinder hier in Partner- oder Gruppenarbeit über die Veränderungen kommunizieren und argumentieren.</p>
<p>An welcher Schule arbeiten Sie?</p> <p>██████████</p>	<p>Die mathematischen Inhalte können selbstverständlich auch analog vermittelt werden. Worin sehen Sie andere bzw. neue Möglichkeiten der digitalen Apps im Vergleich zu den analogen Verfahren?</p> <p>Besonders in der Motivation der SuS, sie lieben es, ein iPad in den Händen zu halten, was die Lust auf die Aufgaben steigert, dennoch sollte es in Maßen eingesetzt werden, da bei vielen Apps zu viel los ist und die Mathematik in den Hintergrund gerät. Ein weiterer Pluspunkt ist, dass die Apps den Kindern eine direkte Rückmeldung geben, sie bekommen also direkt mitgeteilt, ob sie die Aufgabe richtig gelöst haben und müssen bei den meisten Apps auch ihre Lösungen direkt korrigieren, sodass sie wissen, welches die richtige Lösung ist. Es könnte aber noch hilfreicher sein, ihnen visuell einen Lösungsweg an die Hand zu geben. Bsp. Bomben: Nicht einfach nur Anzeige, dass es falsch ist, sondern die Zahlen zusammen in ein Punktefeld einsortieren und so deutlich machen, dass die beiden Zahlen zusammen keine "10" ergeben.</p>
<p>Wie würden Sie die Lernumgebung Ihrer Schule beschreiben? (z.B. kulturelle Vielfalt, digitale Ausstattung)</p> <p>eher "gehobenes" Klientel, seit 2 Monaten in jedem Raum ein Active Panel, 30 iPads für die gesamte Schule</p>	<p>In der Mathematikdidaktik werden vier Phasen des Übens unterschieden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phase: Aufbau von Grundvorstellungen (unstrukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen (strukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 3. Phase: Wissen vernetzen & vertiefen (strukturiertes Üben auf symbolischer Ebene) 4. Phase: Sicherung und Überprüfung (unstrukturiertes Üben auf symbolischer Ebene) <p>Gibt es Apps, die Sie in eine dieser Phasen in Ihrem Unterricht integrieren würden? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.</p>
<p>Welchen fachlichen Hintergrund haben Sie im Bereich Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ich habe Mathematik auf Lehramt studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich habe Mathematik anderweitig studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich unterrichte Mathematik fachfremd.</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges:</p>	<p>PriMaKom DZLM Deutsches Zentrum für Lehrerbildung Mathematik</p> <p>Der Übungsprozess</p> <p>Rechendreieck: 2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen: Durch das simultane Verändern der Außenzahlen beim Hinzufügen/ Verschieben und Löschen von Plättchen lassen sich sehr gut die Veränderungen der Außen- und Innenzahlen beschreiben, dies ist analog nicht so leicht möglich, da die SuS zusätzliche den Schritt des Ausrechnen übernehmen müssen, um den es hier nicht vorrangig geht.</p> <p>4. Phase: Die meisten anderen Apps lassen sich dieser Phase zuordnen, da es keine oder wenig visuelle Unterstützungen gibt, sondern es ums reine Ausrechnen also ums Üben und Festigen geht. z. B. Mathe-Land: Bei der ersten Station sollen die Zahlen addiert werden, ohne eine visuelle Unterstützung durch eine bildliche Darstellung.</p> <p>Das Rechendreieck könnte auch zum Aufbau von Grundvorstellungen genutzt werden, wenn man die App an ein ActivePanel spiegelt und gemeinsam mit den SuS die Veränderungen betrachtet.</p>
<p>In welcher Klassenstufe unterrichten Sie Mathematik?</p> <p><input type="checkbox"/> 1. Klasse</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 3. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 4. Klasse</p>	<p>Gibt es Ihrer Ansicht nach Verbesserungsmöglichkeiten der Apps, damit sich alle Schüler*innen motiviert und konzentriert mit den mathematischen Inhalten beschäftigen können? Wenn ja, welche?</p> <p>Weniger nicht mathematische Visualisierungen und Geräusche, damit sich voll und ganz auf die Aufgaben konzentriert werden kann.</p> <p>Mehr visuelle Unterstützung der mathematischen Aufgaben durch Plättchen etc. wie bei 1plus1, zudem sollte eine Fehlerkorrektur stattfinden, die den Fehler visualisiert (z. App: Rechnen mit Wend!</p>
<p>Wie häufig benutzen Sie Mathematik-Apps im Unterricht?</p> <p><input type="radio"/> Gar nicht</p> <p><input type="radio"/> Selten</p> <p><input checked="" type="radio"/> Gelegentlich</p> <p><input type="radio"/> Häufig</p> <p><input type="radio"/> Sehr häufig</p>	<p>Vielen Dank für Ihre Teilnahme!</p>
<p>Falls Ihre obige Antwort "gar nicht" lautet: Warum setzen Sie keine Apps im Unterricht ein?</p> <p>.....</p>	
Fragen nach oder während des Ausprobierens der Apps	
<p>Die folgenden Fragen beziehen sich auf alle Apps. Bitte spezifizieren Sie in Ihrer Antwort auf welche App Sie sich jeweils beziehen.</p>	
<p>Ihr erster Eindruck: Gibt es Eigenschaften in den Apps, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind und/oder haben Sie bestimmte Bedenken gegenüber einer oder mehreren Apps?</p> <p>1 plus 1: visuelle Darstellung/ Unterstützung durch Plättchen sehr sinnvoll, vor allem bei der Subtraktion, aber mechanische Stimme sehr problematisch, da zum Beispiel das Wort "Minus" relativ unverständlich ausgesprochen wird und das Gleichzeichen nur mit "gleich" und nicht "ist gleich" verbalisiert wird.</p> <p>Viele der anderen Apps sind sehr bunt/ laut, weshalb der mathematische Aspekt in den Hintergrund rückt, z.B. bei Mathe 1, Klasse Lite, wird viel mit Herzen oder Sternen dargestellt, die Herzen verbinden die Kinder aber mit den verliebten Zahlen, was zu Verwirrung führen kann.</p>	

Fall 3:

Fragen zu Ihrer Person und Schule	Fragen nach oder während des Ausprobierens der Apps
<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Weiblich</p> <p><input type="radio"/> Männlich</p> <p><input type="radio"/> Divers</p>	<p>Die folgenden Fragen beziehen sich auf alle Apps. Bitte spezifizieren Sie in Ihrer Antwort auf welche App Sie sich jeweils beziehen.</p>
<p>Wie alt sind Sie?</p> <p>23</p>	<p>Ihr erster Eindruck: Gibt es Eigenschaften in den Apps, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind und/oder haben Sie bestimmte Bedenken gegenüber einer oder mehreren Apps?</p> <p>Bedenken aufgrund der Bedienung und Handhabung für die Kinder. Visuelle und Auditive Unterstützung fehlt manchmal.</p>
<p>An welcher Schule arbeiten Sie?</p> <p>██████████</p>	<p>Wie beurteilen Sie die vorliegenden Apps in Hinblick auf Belohnungsmechanismen sowie zusätzliche Elemente wie Sounds und Animationen?</p> <p>Als für die Kinder sehr motivierend (Conni, FirstGrademath, Mathland) eventuell aber auch als ablenkend</p>
<p>Wie würden Sie die Lernumgebung Ihrer Schule beschreiben? (z.B. kulturelle Vielfalt, digitale Ausstattung)</p> <p>gut digital ausgestattet (Smartboards, Tablets, Medienstunden)</p>	<p>Können Sie sich vorstellen, dass sich einige der Apps dazu eignen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler*innen zu fördern (<i>Problemlösen, Modellieren, Argumentieren, Darstellen/Kommunizieren</i>)? Wenn ja, welche Apps und inwiefern?</p> <p>Würde ich als eher schwierig einschätzen. Die Inhalte der Apps dienen zumeist dazu, um bereits erworbene inhaltsbezogene Kompetenzen weiter zu trainieren.</p>
<p>Welchen fachlichen Hintergrund haben Sie im Bereich Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ich habe Mathematik auf Lehramt studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich habe Mathematik anderweitig studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich unterrichte Mathematik fachfremd.</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges:</p>	<p>Die mathematischen Inhalte können selbstverständlich auch analog vermittelt werden. Worin sehen Sie andere bzw. neue Möglichkeiten der digitalen Apps im Vergleich zu den analogen Verfahren?</p> <p>Motivationsförderung, individuelle Weiterarbeit</p>
<p>In welcher Klassenstufe unterrichten Sie Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1. Klasse</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 3. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 4. Klasse</p>	<p>In der Mathematikdidaktik werden vier Phasen des Übens unterschieden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phase: Aufbau von Grundvorstellungen (unstrukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen (strukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 3. Phase: Wissen vernetzen & vertiefen (strukturiertes Üben auf symbolischer Ebene) 4. Phase: Sicherung und Überprüfung (unstrukturiertes Üben auf symbolischer Ebene)
<p>Wie häufig benutzen Sie Mathematik-Apps im Unterricht?</p> <p><input type="radio"/> Gar nicht</p> <p><input type="radio"/> Selten</p> <p><input type="radio"/> Gelegentlich</p> <p><input checked="" type="radio"/> Häufig</p> <p><input type="radio"/> Sehr häufig</p>	<p>Gibt es Apps, die Sie in eine dieser Phasen in Ihrem Unterricht integrieren würden? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.</p> <div data-bbox="817 1272 1187 1554"> </div> <p>Stufe 2: Rechenfeld, Einspluseins, Rechendreieck</p> <p>Stufe 4: Conni, FirstGrademath, Mathland</p>
<p>Falls Ihre obige Antwort "gar nicht" lautet: Warum setzen Sie keine Apps im Unterricht ein?</p> <p>.....</p>	<p>Gibt es Ihrer Ansicht nach Verbesserungsmöglichkeiten der Apps, damit sich alle Schüler*innen motiviert und konzentriert mit den mathematischen Inhalten beschäftigen können? Wenn ja, welche?</p> <p>Auditive Erklärungen</p>
<p>Vielen Dank für Ihre Teilnahme!</p>	

Fall 4:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 5:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 6:

Fragen zu Ihrer Person und Schule	Fragen nach oder während des Ausprobierens der Apps
<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Weiblich</p> <p><input type="radio"/> Männlich</p> <p><input type="radio"/> Divers</p>	<p>Die folgenden Fragen beziehen sich auf alle Apps. Bitte spezifizieren Sie in Ihrer Antwort auf welche App Sie sich jeweils beziehen.</p>
<p>Wie alt sind Sie?</p> <p>34</p>	<p>Ihr erster Eindruck: Gibt es Eigenschaften in den Apps, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind und/oder haben Sie bestimmte Bedenken gegenüber einer oder mehreren Apps?</p> <p>motivierende Gestaltung, "coole" Musik und Effekte, leichte Bedienung, Ziele und neue Level, negativ: zu laut und bunt, reizüberflutung, math Land: mathematischer Sinn erschließt sich nicht im Vergleich manche Apps "langweilig"</p>
<p>An welcher Schule arbeiten Sie?</p> <p>██████████</p>	<p>Wie beurteilen Sie die vorliegenden Apps in Hinblick auf Belohnungsmechanismen sowie zusätzliche Elemente wie Sounds und Animationen?</p> <p>Gut wenn sich neue Level freischalten oder man etwas verdienen kann. Manche Apps haben gar keine Belohnung abgesehen von einem grünen Licht und einem ton</p>
<p>Wie würden Sie die Lernumgebung Ihrer Schule beschreiben? (z.B. kulturelle Vielfalt, digitale Ausstattung)</p> <p>Digital fit Schule, theoretisch ein Ipad pro Kind, PC Raum mit alten PCs, Beamer, Lehrer ipads, hoher Migrationsanteil, geringe Motivation bei den Kindern, sozial eher niedriges Niveau</p>	<p>Können Sie sich vorstellen, dass sich einige der Apps dazu eignen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler*innen zu fördern (<i>Problemlösen, Modellieren, Argumentieren, Darstellen/Kommunizieren</i>)? Wenn ja, welche Apps und inwiefern?</p> <p>conny noch am ehesten</p>
<p>Welchen fachlichen Hintergrund haben Sie im Bereich Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ich habe Mathematik auf Lehramt studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich habe Mathematik anderweitig studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich unterrichte Mathematik fachfremd.</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges:</p>	<p>Die mathematischen Inhalte können selbstverständlich auch analog vermittelt werden. Worin sehen Sie andere bzw. neue Möglichkeiten der digitalen Apps im Vergleich zu den analogen Verfahren?</p> <p>Motivation, digitale Medien sind faszinierend, ipads kennen manche nicht von zu hause</p>
<p>In welcher Klassenstufe unterrichten Sie Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1. Klasse</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2. Klasse</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 3. Klasse</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 4. Klasse</p>	<p>In der Mathematikdidaktik werden vier Phasen des Übens unterschieden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phase: Aufbau von Grundvorstellungen (unstrukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen (strukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 3. Phase: Wissen vernetzen & vertiefen (strukturiertes Üben auf symbolischer Ebene) 4. Phase: Sicherung und Überprüfung (unstrukturiertes Üben auf symbolischer Ebene) <p>Gibt es Apps, die Sie in eine dieser Phasen in Ihrem Unterricht integrieren würden? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.</p>
<p>Wie häufig benutzen Sie Mathematik-Apps im Unterricht?</p> <p><input type="radio"/> Gar nicht</p> <p><input checked="" type="radio"/> Selten</p> <p><input type="radio"/> Gelegentlich</p> <p><input type="radio"/> Häufig</p> <p><input type="radio"/> Sehr häufig</p>	<p>PriMaKom DZLM Deutsches Zentrum für Lehrer*innenbildung Mathematik</p> <p>Der Übungsprozess</p> <p>rechendreiecke und rechenfeld für sie grundvorstellung, conny mehr als Spiele ... die anderen beiden finde ich nicht so genungen</p>
<p>Falls Ihre obige Antwort "gar nicht" lautet: Warum setzen Sie keine Apps im Unterricht ein?</p> <p>.....</p>	<p>Gibt es Ihrer Ansicht nach Verbesserungsmöglichkeiten der Apps, damit sich alle Schüler*innen motiviert und konzentriert mit den mathematischen Inhalten beschäftigen können? Wenn ja, welche?</p> <p>weniger Reize, oder interessanter gestalten, andererseits Antwortmöglichkeiten, manchmal schon vorgegeben</p>
<p>Vielen Dank für Ihre Teilnahme!</p>	

Fall 7:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 8:

Fragen zu Ihrer Person und Schule	Fragen nach oder während des Ausprobierens der Apps
<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Weiblich</p> <p><input type="radio"/> Männlich</p> <p><input type="radio"/> Divers</p>	<p>Die folgenden Fragen beziehen sich auf alle Apps. Bitte spezifizieren Sie in Ihrer Antwort auf welche App Sie sich jeweils beziehen.</p>
<p>Wie alt sind Sie?</p> <p>29</p>	<p>Ihr erster Eindruck: Gibt es Eigenschaften in den Apps, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind und/oder haben Sie bestimmte Bedenken gegenüber einer oder mehreren Apps?</p> <p>Rechendreieck und Rechenfeld ist mir negativ aufgefallen. Ich habe sie selbst nicht verstanden und den Vorteil davon nicht erkannt. Conni 1 hingegen hat mich positiv überrascht.</p>
<p>An welcher Schule arbeiten Sie?</p> <p>████████████████████</p>	<p>Wie beurteilen Sie die vorliegenden Apps in Hinblick auf Belohnungsmechanismen sowie zusätzliche Elemente wie Sounds und Animationen?</p> <p>Rechendreieck sowie Rechenfeld empfinde ich als unsinnig, digital zu formen, da ich diese inaktiven Materialien bereits im Klassenraum analog verwende. Zudem finde ich die App nicht gut gestaltet. Die Animationen fand ich bei den restlichen Apps teils überdönt, weshalb ich einen Einsatz im Klassenzimmer nur mit Kopfhörern zustimmen würde. Bei 28 Sounds würde das die Konzentration ebenso stören. Die Animationen lenken grundsätzlich nicht ab und regen zum lernen an. Jedoch finde ich da lediglich die App Conni 1 gelungen. Vor allem auch qualitativ.</p>
<p>Wie würden Sie die Lernumgebung Ihrer Schule beschreiben? (z.B. kulturelle Vielfalt, digitale Ausstattung)</p> <p>Digital arbeiten wir erst in den Startlöchern. Wir haben 4 digitale Tafeln, die aber nicht fest installiert sind. Wir haben Tablets, die jederzeit zur Verfügung stehen, wenn sie nicht ein anderer Kollege nimmt. Es sind nicht für jeden SuS tablets vorhanden. Wir haben 20 Laptops. Wir arbeiten noch nicht viel digital.</p>	<p>Können Sie sich vorstellen, dass sich einige der Apps dazu eignen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler*innen zu fördern (<i>Problemlösen, Modellieren, Argumentieren, Darstellen/Kommunizieren</i>)? Wenn ja, welche Apps und inwiefern?</p> <p>Wenn digitales Darstellen dazu gehört, wird dies auch in den Apps ermöglicht. Solange das Kind alleine an der App lernt, glaube ich nicht, dass Kommunizieren und Argumentieren ermöglicht wird. Problemlösen und Modellieren hingegen finde ich gelungen. Dabei beziehe ich mich jedoch nur auf Conni 1 und Mathe 1. Anderen Apps sind für mich vorwiegend die digitale Version analoger Unterrichtsmittel.</p>
<p>Welchen fachlichen Hintergrund haben Sie im Bereich Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ich habe Mathematik auf Lehramt studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich habe Mathematik anderweitig studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich unterrichte Mathematik fachfremd.</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges:</p>	<p>Die mathematischen Inhalte können selbstverständlich auch analog vermittelt werden. Worin sehen Sie andere bzw. neue Möglichkeiten der digitalen Apps im Vergleich zu den analogen Verfahren?</p> <p>Angepasst an die heutige Gesellschaft, vor allem mit der Möglichkeit auch außerschulisch sinnvoll am Tablet zu arbeiten. Ich sehe die Apps eher als Ergänzung und Vertiefung sinnig.</p>
<p>In welcher Klassenstufe unterrichten Sie Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1. Klasse</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 3. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 4. Klasse</p>	<p>In der Mathematikdidaktik werden vier Phasen des Übens unterschieden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phase: Aufbau von Grundvorstellungen (unstrukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen (strukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 3. Phase: Wissen vernetzen & vertiefen (strukturiertes Üben auf symbolischer Ebene) 4. Phase: Sicherung und Überprüfung (unstrukturiertes Üben auf symbolischer Ebene) <p>Gibt es Apps, die Sie in eine dieser Phasen in Ihrem Unterricht integrieren würden? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.</p>
<p>Wie häufig benutzen Sie Mathematik-Apps im Unterricht?</p> <p><input type="radio"/> Gar nicht</p> <p><input type="radio"/> Selten</p> <p><input checked="" type="radio"/> Gelegentlich</p> <p><input type="radio"/> Häufig</p> <p><input type="radio"/> Sehr häufig</p>	<p>Der Übungsprozess</p>  <p>Einspluseins zur 1/2 Phase, da dort auch die symbolische Darstellung durch Punkte erfolgt und so auch das Zehner bzw. Zwanzigerfeld direkt betrachtet wird. Conni und Mathe klasse 1 stellt für mich eher eine Integration in Phase 4 dar, da dort schon viel wissen abgefragt und überprüft werden kann.</p>
<p>Falls Ihre obige Antwort 'gar nicht' lautet: Warum setzen Sie keine Apps im Unterricht ein?</p> <p>.....</p>	<p>Gibt es Ihrer Ansicht nach Verbesserungsmöglichkeiten der Apps, damit sich alle Schüler*innen motiviert und konzentriert mit den mathematischen Inhalten beschäftigen können? Wenn ja, welche?</p> <p>Die Sounds sind eindeutig zu überladen und lenken ab. Das Design überzeugt mich lediglich bei Conni 1, der Rest wirkt nicht immer durchdacht.</p> <p>Mathe 1 Klasse umfasst zu viele Inhalte, die in Klasse 1 nichts zu suchen haben. Das erweckt den Eindruck, als müssten diese Inhalte in Klasse 1 erlernt werden. Verbale Erklärungen der Aufgaben würden allen Apps gut tun, sodass auch schwache Leser und Lerner die Aufgaben auf Anhieb verstehen. Hier punktet nur Einspluseins. Generell würde ich eine Reduktion empfehlen, wenn es um den Einsatz geht. Dem Einsatz im Klassenzimmer sehe ich außer bei Conni 1 kritisch entgegen, da dies meiner Meinung nach nur mit einer kleineren Lerngruppe ermöglicht werden könnte. Apps wie die Anton App sind nicht überladen und bieten auch mit 28 Kindern im Raum eine angenehme Lernatmosphäre. Bei den dargestellten Apps sehe ich da Probleme. Apps wie Einspluseins kann gut als Partner Arbeit genutzt werden. Rechendreieck und Rechenfeld bietet für mich eher eine Visualisierung für schwächere Kinder, die zwar von Vorteil sein kann, ich den Vorteil zu analogen Material aber noch nicht deutlich erkenne und ich denke zudem, dass beide Apps nicht unbedingt zu Konzentration und Motivation führen.</p>

Fall 9:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 10:

Fragen zu Ihrer Person und Schule	Fragen nach oder während des Ausprobierens der Apps
<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Weiblich</p> <p><input type="radio"/> Männlich</p> <p><input type="radio"/> Divers</p>	<p>Die folgenden Fragen beziehen sich auf alle Apps. Bitte spezifizieren Sie in Ihrer Antwort auf welche App Sie sich jeweils beziehen.</p>
<p>Wie alt sind Sie?</p> <p>27</p>	<p>Ihr erster Eindruck: Gibt es Eigenschaften in den Apps, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind und/oder haben Sie bestimmte Bedenken gegenüber einer oder mehreren Apps?</p> <p>Mir ist bei der App Conni positiv aufgefallen, dass es Erklärungen in leichter Sprache gibt, wie die App zu bedienen ist.</p> <p>Bedenken: Die Kinder müssen die Aufgaben vorher erlernt haben, denn es geht in der App nur um das Benennen einer richtigen Lösung und nicht um Verständnisaufbau. Die App sollte meiner Meinung nach nur als Festigung von den zuvor erworbenen Kompetenzen eingesetzt werden, da diese keine ausreichenden aufeinander aufbauenden Erklärungen anbietet.</p>
<p>An welcher Schule arbeiten Sie?</p> <p>██████████</p>	<p>Mir ist bei der App Rechendreieck positiv aufgefallen, dass diese ein übersichtliches Layout hat und eine große Darstellung der Zahlen und Rechenplättchen. Diese Darstellung könnte jedoch auch trist und demotivierend auf Kinder wirken.</p> <p>Mir positiv aufgefallen, dass die App ein übersichtliches Layout hat. Die Aufgaben sind mit Wendepflichtchen, symbolisch und verbal dargestellt, sodass ein Darstellungswechsel unterstützt wird. Wäre die symbolische Aufgabe in der farblich wie die Wendepflichtchen markiert, so würde der Zusammenhang der Darstellungsebenen deutlicher markiert werden. Es ist mir aufgefallen, dass die Darstellungen nicht erklärt werden und wie die Aufgabe mithilfe des didaktischen Materials gelöst werden kann.</p>
<p>Wie würden Sie die Lernumgebung Ihrer Schule beschreiben? (z. B. kulturelle Vielfalt, digitale Ausstattung)</p> <p>kulturelle Vielfalt, I-Pads vorhanden</p>	<p>Positiv ist mir aufgefallen bei der App First Grade Math 1, dass mehrere Spieleraccounts angelegt werden und Punktestand abgespeichert werden können. Mir ist negativ aufgefallen, dass es in der App Werbeanzeigen und in den Einstellungen möglich ist zum Internet zu gelangen. Zudem ist es erforderlich Lesen zu können und über ein Leseverständnis zu verfügen, da die Aufgabe sonst unklar ist. Die Aufgaben sind in vielen Spielen nicht selbsterklärend und intuitiv. Zum Beispiel sind die abzuzählenden Fische sind undeutlich dargestellt, denn sie setzen sich nicht deutlich vom Hintergrund ab und könnten übersehen werden.</p>
<p>Welchen fachlichen Hintergrund haben Sie im Bereich Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ich habe Mathematik auf Lehramt studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich habe Mathematik anderweitig studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich unterrichte Mathematik fachfremd.</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges:</p>	<p>Es ist mir positiv aufgefallen, dass die App Mathe Land für Kinder sehr ansprechend gestaltet ist. Ich finde die Kombination, dass die Kinder in der spielend zu den Rechenaufgaben gelangen und diese korrekt lösen müssen um spielerisch weitere Welten zu erreichen sehr gelungen. Meine Bedenken sind jedoch, dass das Rechnen zu kurz kommt und die Elemente wo gespielt wird zu lang andauern.</p> <p>Bei der App Rechenfeld ist mir positiv aufgefallen, dass Erklärungen sowie die Rechenaufgaben auditiv wiedergegeben werden können. Zudem finde ich die Möglichkeit eine verschiedene Anzahl an Plättchen per Klick hinzuzufügen oder Plättchen zu wenden gut für die Förderung von Operationsverständnis. Meine Bedenken sind, dass ohne Impulse und Begleitaufgaben die App nicht lange genutzt wird.</p>
<p>In welcher Klassenstufe unterrichten Sie Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 2. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 3. Klasse</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 4. Klasse</p>	<p>Wie beurteilen Sie die vorliegenden Apps in Hinblick auf Belohnungsmechanismen sowie zusätzliche Elemente wie Sounds und Animationen?</p> <p>Es ist positiv zu beurteilen, dass die Conni App in Form eines Lobs, eine Belohnung nach einer richtig gelösten Aufgabe anbietet und nach einer falsch gelösten Aufgabe eine meist positiv formulierte oder wertschätzende Rückmeldung gibt. Der Belohnungsmechanismus könnte jedoch verbessert werden. Nach dem Erhalten von Münzen, wäre es sinnvoll diesen eine Belohnungsfunktion zu geben, wie bspw. die Möglichkeit Münzen gegen einem Minispiel einzutauschen oder ein Belohnungsvideo/Animation anzubieten.</p> <p>Die App Rechendreieck bewerte ich als demotivierend bzgl. der Belohnungsmechanismen, da es kein belohnendes Feedback bzw. Soundeffekte gibt. Dementsprechend vermute ich, dass vielen Kindern schnell die Lust am Arbeiten mit der App vergeht.</p> <p>Meiner Meinung nach ist der Belohnungsmechanismus in der App Eins Plus Eins nicht gelungen, da beim korrekten Lösen lediglich ein grünes Feld aufblinkt und die Prozentzahl für das richtige Lösen der Aufgaben viel zu langsam steigt. Kinder die mehr Zeit für das Lösen von Aufgaben benötigen könnten dadurch frustriert werden. Zudem ist es fragwürdig eine Prozentangabe anzugeben, da die Kinder die Bedeutung sehr wahrscheinlich nicht nachvollziehen können.</p>
<p>Wie häufig benutzen Sie Mathematik-Apps im Unterricht?</p> <p><input type="radio"/> Gar nicht</p> <p><input checked="" type="radio"/> Selten</p> <p><input type="radio"/> Gelegentlich</p> <p><input type="radio"/> Häufig</p> <p><input type="radio"/> Sehr häufig</p>	<p>Die App First Grade Math 1 hat ein Belohnungsmechanismus, welches ich befriedigend bewerte. Das Kind erhält direkt nach einer korrekten Lösung einen speziellen Sound und das Lob „Super“. Auch der Spielstand wird gespeichert und es gibt eine Bewertung durch Sterne. Jedoch gibt es auch in dieser App keine Möglichkeit die erreichten Sterne für ein Belohnungsspiel oder Animation o. ä. einzulösen.</p> <p>Levelauswahl ansprechend und phantasievoll gestaltet und zusätzlich mit einer passenden Melodie hinterlegt. Dies könnte sehr ansprechend für Kinder sein und Motivation anregen. Ebenso ist das Belohnungssystem mit verschiedenen Schätzen sehr ansprechend und passend zur Thematik ausgearbeitet. Vor einer Rechenaufgabe gibt es eine spannende Animation und die Kinder dürfen spielerisch zur nächsten Aufgabe gelangen, was ich als sehr motivierend empfinde, sich länger mit der App zu beschäftigen.</p> <p>Die App Rechenfeld hat keine Belohnungsmechanismen, was für die Kinder schnell demotivierend sein könnte.</p>
<p>Falls Ihre obige Antwort "gar nicht" lautet: Warum setzen Sie keine Apps im Unterricht ein?</p> <p>.....</p>	<p>Können Sie sich vorstellen, dass sich einige der Apps dazu eignen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler*innen zu fördern (Problemlösen, Modellieren, Argumentieren, Darstellen/Kommunizieren)? Wenn ja, welche Apps und inwiefern?</p> <p>Die Conni App eignet sich gar nicht für das Fördern der prozessbezogenen Kompetenzen. Sie eignet sich nur für das automatisieren der Rechenaufgaben.</p> <p>Die App Rechendreieck eignet sich für das Problemlösen, da der Fokus nicht auf das Ausrechnen der Aufgaben gelegt wird, sondern auf das Ausprobieren und Wahrnehmen von Veränderungen und Zusammenhängen. Andere Kompetenzen können meiner Meinung nach nicht durch das reine Anbieten der App abgedeckt werden. Es müssen dafür Zusatzaufgaben von der Lehrkraft angeboten werden. Die Kompetenz Kommunizieren könnte bspw. innerhalb einer Partnerarbeit in welcher die Kinder Vermutungen über Zusammenhänge und Veränderungen anstellen müssen, abgedeckt werden.</p> <p>Ich denke, dass sich die App Eins Plus Eins eignet, um die prozessbezogene Kompetenz Darstellen zu fördern, da die App verschiedene Darstellungsebenen visualisiert (verbal, symbolisch und didaktisches Material). Zusätzlich sollte über die Vernetzung der verschiedenen Darstellungsebenen kommuniziert werden, um sicher zu gehen, ob ein Verständnis entsteht.</p> <p>Die App First Grade Math 1 ist nicht geeignet für die Förderung prozessbezogener Kompetenzen.</p> <p>Die App App Mathe Land ist nicht geeignet für die Förderung prozessbezogener Kompetenzen.</p> <p>Nur durch zusätzliche Impulse der Lehrkraft können mit der App Rechenfeld prozessbezogene Kompetenzen gefördert werden.</p>

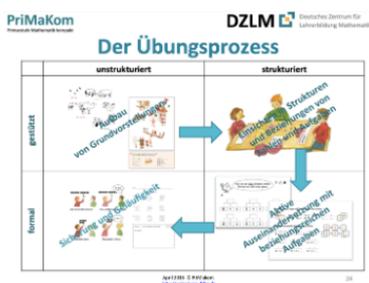
Die mathematischen Inhalte können selbstverständlich auch analog vermittelt werden. Worin sehen Sie andere bzw. neue Möglichkeiten der digitalen Apps im Vergleich zu den analogen Verfahren?

Ich sehe eine große Chance von digitalen Mathematik-Apps durch das Unterstützen im Lösungsprozess durch individualisierte Hilfen und Feedback. Diese müssten jedoch angepasst auf verschiedene Rechenwege oder häufige Fehlerarten sein und dementsprechend ein hilfreiches Feedback geben. Somit könnte ein Kind im Verständnis einer Aufgabe unterstützt werden, ohne das Einschreiten einer Lehrkraft. Zudem könnten Kinder differenzierte Aufgaben (durch verschiedene Apps/Aufgaben/Einstellung des Zahlenraums) zugleich arbeiten. Durch das Erklären von Aufgabenstellungen und Feedback der differenzierten Aufgaben, welchen den Kindern durch digitale Apps angeboten werden kann, sind sie unabhängiger von der Hilfe einer Lehrkraft (welche zeitlich pro Kind sehr begrenzt ist). Außerdem kann es für Kinder, welche „leichtere Aufgaben“ erhalten, weniger frustrierend sein diese digital in einer App zu erhalten, da dies nicht so offensichtlich ist wie auf ein gesondertes Arbeitsblatt/Arbeitsheft.

In der Mathematikdidaktik werden vier Phasen des Übens unterschieden:

1. Phase: Aufbau von Grundvorstellungen (unstrukturiertes Üben mit Material/Darstellungen)
2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen (strukturiertes Üben mit Material/Darstellungen)
3. Phase: Wissen vernetzen & vertiefen (strukturiertes Üben auf symbolischer Ebene)
4. Phase: Sicherung und Überprüfung (unstrukturiertes Üben auf symbolischer Ebene)

Gibt es Apps, die Sie in eine dieser Phasen in Ihrem Unterricht integrieren würden? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.



Die App Rechendreieck würde ich als begleitendes Instrument in den ersten drei Phasen einsetzen. Um die Arbeit und den Verständnisprozess zu unterstützen und sichern würde ich zur Orientierung dienende Aufgaben bezogen auf das Rechendreieck in der App den Kindern stellen. Ebenso sollte mündlich über die Strukturen und Beziehungen gesprochen werden.

Eins Plus Eins:

Die App könnte in der Phase 1 für die Vereinigungs-Vorstellung sein, jedoch deckt diese kein dynamisches Hinzufügen ab bzw. keinen Veränderungszustand. Auch bei der Subtraktion ist nur eine Grundvorstellung abgedeckt, daher reicht die App nicht aus um alle Grundvorstellungen der Addition und Subtraktion aufzubauen. Für die zweite Phase ist die App für den Einsatz im Unterricht gut geeignet, da das Üben am didaktischen Material sowie die Visualisierung der symbolischen Darstellung zugleich möglich ist und verknüpft werden kann. Durch die Wendeplättchen kann ein Verständnis hinter der Plusaufgabe entstehen. Für die dritte Phase würde die App als alleiniges Instrument nicht ausreichend sein. Es müssten zusätzliche Angebote zur App im Unterricht eingebracht werden. Zur Sicherung (Phase 4) des Lösen von Plus- und Minusaufgaben eignet die App sehr gut.

Rechenfeld:

Die App Rechenfeld würde ich begleitend mit Impulsaufgaben in den Phasen 1-3 verwenden. Die App könnte den Aufbau vom dezimalen Stellenwertsystem unterstützen und besonders das Verständnis von Bündelung. Da der Fokus in der App besonders auf die Operation und nicht auf das Ergebnis liegt ist die App besonders für die Phase 2 geeignet. Der Zusammenhang von didaktischem Material und der symbolischen Darstellung ist in der App schön umgesetzt. Auch symbolisches Rechnen ist möglich.

Gibt es Ihrer Ansicht nach Verbesserungsmöglichkeiten der Apps, damit sich alle Schüler*innen motiviert und konzentriert mit den mathematischen Inhalten beschäftigen können? Wenn ja, welche?

App Rechendreieck:

- Zusätzlich zu jetzigem Format einen Modus, der Aufgabenstellungen anbietet und die Kinder besser im Lernprozess begleitet und unterstützt
- Motivierende mündliche und visuelle Hilfestellungen und Feedback

Eins Plus eins:

- Veränderung des Belohnungsmechanismus: weniger Aufgaben lösen, um das Ziel erreichen zu können und mehr Animation oder Feedback zur korrekten oder falschen Lösung
- Hilfestellungen und Erklärungen anbieten

Rechenfeld:

- Zusätzlich zu jetzigem Format einen Modus, der Aufgabenstellungen anbietet und die Kinder besser im Lernprozess begleitet und unterstützt.
- Ein Belohnungssystem sollte in diesen Modus aufgenommen werden.
- Erst nach längerer Beschäftigung habe ich neue Funktionen durch Zufall entdeckt, dementsprechend schlage ich zur Verbesserung vor, eine bessere Übersicht für Funktionen anzubieten.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Fall 11:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 12:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 13:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 14:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 15:

*[Der Originalfragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt,
da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]*

Fall 16:

Fragen zu Ihrer Person und Schule	Fragen nach oder während des Ausprobierens der Apps
<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Weiblich</p> <p><input type="radio"/> Männlich</p> <p><input type="radio"/> Divers</p>	<p>Die folgenden Fragen beziehen sich auf alle Apps. Bitte spezifizieren Sie in Ihrer Antwort auf welche App Sie sich jeweils beziehen.</p>
<p>Wie alt sind Sie?</p> <p>32</p>	<p>Ihr erster Eindruck: Gibt es Eigenschaften in den Apps, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind und/oder haben Sie bestimmte Bedenken gegenüber einer oder mehreren Apps?</p> <p>Inbesondere die Conni App finde ich schön und motivierend gestaltet. Die Matheaufgabend sind spielerisch gestaltet.</p>
<p>An welcher Schule arbeiten Sie?</p> <p>.....</p>	<p>Wie beurteilen Sie die vorliegenden Apps in Hinblick auf Belohnungsmechanismen sowie zusätzliche Elemente wie Sounds und Animationen?</p> <p>.....</p>
<p>Wie würden Sie die Lernumgebung Ihrer Schule beschreiben? (z.B. kulturelle Vielfalt, digitale Ausstattung)</p> <p>Ländliche Schule, gutes Einzugsgebiet, digitale Ausstattung ganz gut</p>	<p>Können Sie sich vorstellen, dass sich einige der Apps dazu eignen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler*innen zu fördern (<i>Problemlösen, Modellieren, Argumentieren, Darstellen/Kommunizieren</i>)? Wenn ja, welche Apps und inwiefern?</p> <p>.....</p>
<p>Welchen fachlichen Hintergrund haben Sie im Bereich Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ich habe Mathematik auf Lehramt studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich habe Mathematik anderweitig studiert.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich unterrichte Mathematik fachfremd.</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges:</p>	<p>Die mathematischen Inhalte können selbstverständlich auch analog vermittelt werden. Worin sehen Sie andere bzw. neue Möglichkeiten der digitalen Apps im Vergleich zu den analogen Verfahren?</p> <p>Motivierender Charakter! Es eignet sich dazu, den Mathematikunterricht abwechslungsreich zu gestalten und auch die Interessenwelt der Kinder miteinzubeziehen. Die Kinder können in ihrem eigenen Tempo daran arbeiten und sich ggf. noch mal Erklärungen neu einholen. Auch sind beispielsweise Hausaufgaben auf dem Tablet/ Computer auch mal motivierender als immer nur analoge Hausaufgaben auf zu haben.</p>
<p>In welcher Klassenstufe unterrichten Sie Mathematik?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 2. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 3. Klasse</p> <p><input type="checkbox"/> 4. Klasse</p>	<p>In der Mathematikdidaktik werden vier Phasen des Übens unterschieden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phase: Aufbau von Grundvorstellungen (unstrukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen (strukturiertes Üben mit Material/Darstellungen) 3. Phase: Wissen vernetzen & vertiefen (strukturiertes Üben auf symbolischer Ebene) 4. Phase: Sicherung und Überprüfung (unstrukturiertes Üben auf symbolischer Ebene)
<p>Wie häufig benutzen Sie Mathematik-Apps im Unterricht?</p> <p><input type="radio"/> Gar nicht</p> <p><input type="radio"/> Selten</p> <p><input type="radio"/> Gelegentlich</p> <p><input checked="" type="radio"/> Häufig</p> <p><input type="radio"/> Sehr häufig</p>	<p>Gibt es Apps, die Sie in eine dieser Phasen in Ihrem Unterricht integrieren würden? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>(Die ANTON App würde ich in Phase 3 integrieren)</p>
<p>Falls Ihre obige Antwort "gar nicht" lautet: Warum setzen Sie keine Apps im Unterricht ein?</p> <p>.....</p>	<p>Gibt es Ihrer Ansicht nach Verbesserungsmöglichkeiten der Apps, damit sich alle Schüler*innen motiviert und konzentriert mit den mathematischen Inhalten beschäftigen können? Wenn ja, welche?</p> <p>.....</p>
<p>Vielen Dank für Ihre Teilnahme!</p>	

Anhang 2: Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring

Anhang 2.1: Paraphrasierungen der Fragebogenantworten

Tab. 1: Paraphrasierung von Aussagen der Lehrkräfte		
Fall	Zitat der Lehrkraft	Paraphrase
1a	<p>Manche Apps sind ansprechender gestaltet als andere (ansprechend: Conni, Mathe Klasse 1, Mathe Land lernen). Weniger ansprechend ist hingegen die Computerstimme, die in einigen Apps eingesetzt wird (Einspluseins, Mathe Klasse 1, Rechenfeld). Bei der App Mathe Klasse 1 ist oben die ganze Zeit Werbung zu sehen, das finde ich schwierig. Ansonsten: Conni: Nicht nur das Design ist ansprechend, auch die Aufgaben sind ansprechend gestaltet. Die Aufgaben sollen nicht nur stumpf gerechnet werden, sondern sind mit Kanonen oder ähnlichem versehen. Die verschiedenen Medaillen sind sehr motivierend. Die Tipps können bei Schwierigkeiten verwendet werden. Einspluseins: Bedenklich finde ich, dass bei der falschen Lösung lediglich nur noch die richtige Lösung neben der falschen angezeigt wird. Mathe Klasse 1: Ich finde es schade, dass die Figur nicht wirklich spricht. Es ist positiv, dass verschiedene Rechenoptionen wählbar sind, allerdings sind einige davon für die erste Klasse viel zu komplex – beispielsweise Büche. Auch die Uhrzeiten finde ich noch zu komplex für das erste Schuljahr. Mathe Land lernen: zu viele Optionen und Auswahlmöglichkeiten, sehr starker spielerischer Charakter für nur 5 Aufgaben (zu viel spielen) Rechendreieck: bietet für mich lediglich die Möglichkeit (eventuell sogar nur im Plenum) das Entdecken von Rechendreiecken zu veranschaulichen. Rechenfeld: Sehr viel Anweisung am Anfang, viele Optionen (Z/E, HAT Feld, Rechenstirch), könnte eine gute Möglichkeit für Schülerinnen und Schüler sein um verschiedene Aufgaben zu veranschaulichen und als Unterstützung dienen. Ich finde es allerdings verwirrend, dass die Plättchen auf dem Rechenfeld beliebig verschoben werden können.</p>	<p>Viele Apps ansprechend gestaltet (Conni, Mathe Lite, Mate Land), weniger ansprechend sind Computerstimmen (Einspluseins, Mathe Lite, Rechenfeld). Weniger Anzeige von Werbung (Mathe Lite). Conni: Gestaltung von Design und mathematischen Aufgaben gelungen, interessante visuelle Einkleidungen von Aufgaben. Motivation durch Sammeln von Medaillen. Bei Schwierigkeiten Angebot von Hilfen. Einspluseins: Bedenkliche Rückmeldung bei falscher Lösung, wenn lediglich die richtige Lösung neben der falschen angezeigt wird. Mathe Lite: Gestalterische Figur kann nicht sprechen. Viele Rechenformate frei wählbar, aber nicht abgestimmt auf erste Klasse. Mathe Land: zu viele Optionen und Auswahlmöglichkeiten. Zu viel spielen. Rechendreieck: entdecken von Rechendreiecken, evtl. im Plenum. Rechenfeld: Erklärung über die Funktionen der App zu umfangreich. Bietet Unterstützung für Veranschaulichung von Rechenaufgaben durch die Optionen Zehner/Einer, Hunderterfeld und Rechenstrich, beliebig Verschieben der Plättchen verwirrend.</p>
1b	<p>Zum Teil: (siehe Antwort 1). Conni: Sehr motivierend, verschiedene Belohnungen für verschiedene Dinge</p>	<p>Conni aufgrund verschiedener Belohnungen motivierend. Anleitung über die Funktionen und Ziel der App Mathe Land unzureichend.</p>

	<p>Mathe Land lernen: Wozu sind die ganzen Münzen die eingesammelt werden? Ich persönlich hätte nicht gewusst, was ich mit dem Schlüssel machen soll</p> <p>Sound: Mathe Klasse 1: Ich finde den Ton bei richtiger Antwort sehr laut und unangenehm Ansonsten finde ich die Computerstimme ebenfalls bei den verschiedenen Apps unangenehm</p>	<p>Ton bei Mathe Lite unangenehm und laut, Computerstimmen bei anderen Apps unangenehm.</p>
1c	<p>Ja, bei allen Apps die verschiedene Aufgabenmöglichkeiten anbieten können verschiedene Kompetenzen geübt werden. Allerdings würde ich Rechendreieck und Rechenfeld nur als unterstützung sehen und nicht als Apps die sich zum Fördern verschiedener Kompetenzen anbieten.</p>	<p>Verschiedene Aufgabenmöglichkeiten in Apps regen prozessbezogene Kompetenzen an. Apps Rechenfeld und Rechendreieck Unterstützung für die Kompetenzen und nicht Apps als Förderung der Kompetenzen.</p>
1d	<p>Conni: Besonders motivierend + zusätzliche Erklärung Einspluseins: benötigt keine App, kann genau so auch analog gemacht werden Mathe Klasse 1: zu viel, zu komplex/zu simpel -> Brüche auswählbar neben einfachen Zählaufgaben (kann ebenso analog gemacht werden) Mathe Land lernen: zu viel Spiel für zu wenig Lernen Rechendreieck: Visualisierung wie verändert sich das Rechendreieck, wenn was dazu kommt etc. Sehr gut zur Veranschaulichung Rechenfeld: Sehr viel leichter handhabbar, als Material auf dem Tisch; Kann ideal zur Unterstützung eingesetzt werden</p>	<p>Conni: motivierend, zusätzliche Erklärungen möglich. Einspluseins: für Aufgaben keine digitale App nötig. Mathe Lite: Aufgabenniveau zu komplex oder zu einfach. Mathe Land: spielerischer Charakter überdeckt mathematischen Inhalt. Rechendreieck: Veranschaulichung für Darstellen von Veränderungen. Rechenfeld: Bedienung einfacher als Verwendung von Material auf dem Tisch, ideale Unterstützung.</p>
1e	<p>Conni: 3. Phase Rechendreieck: 1. Phase bzw. 2. Phase Rechenfeld: 3. Phase bzw. 4. Phase</p>	<p>Conni in dritter Phase des Übens, Rechendreieck in erster und zweiter Phase, Rechenfeld in dritter und vierter Phase.</p>
2a	<p>1 plus 1: visuelle Darstellung/ Unterstützung durch Plättchen sehr sinnvoll, vor allem bei der Subtraktion, aber mechanische Stimme sehr problematisch, da zum Beispiel das Wort „Minus“ relativ unverständlich ausgesprochen wird und das Gleichzeichen nur mit „gleich“ und nicht „ist gleich“ verbalisiert wird. Viele der anderen Apps sind sehr bunt/laut, weshalb der mathematische Aspekt in den Hintergrund rückt, z.B. bei Mathe 1. Klasse Lite, wird viel mit Herzchen oder Sternen dargestellt, die Herzen verbinden die Kinder aber mit den verliebten Zahlen, was zu Verwirrung führen kann.</p>	<p>Einspluseins: ikonische Darstellungen von Operationen hilfreich. Mechanische Stimmen aufgrund undeutlicher Aussprache problematisch. Apps mit bunter und lauter Gestaltung überdeckt mathematischen Inhalt. Zweckentfremdete Verwendung von mathematischen Symbolen führt zu Verwirrung.</p>
2b	<p>Sounds und Animationen wirken motivierend für die Kinder und auch Belohnungen wie bei der Conny-App finden die SuS super, es darf aber nicht ablenkend wirken. Bei Conny finde ich vor allem die Belohnung, die es gibt, wenn man 3 Tage hintereinander das Spiel gespielt hat gut, da so das kontinuierliche Üben gefördert wird.</p>	<p>Sounds, Animationen und Belohnungen motivierend, wenn diese nicht ablenken. Belohnung bei täglicher Anwendung der App, fördert kontinuierliches Üben bei App Conni.</p>
2c	<p>1 plus 1 hilft beim Darstellen, da immer eine passende Darstellung zur Additions- oder Subtraktionsaufgabe angezeigt wird</p>	<p>Einspluseins unterstützt prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i>, da Verknüpfung von symbolischen Rechenaufgaben mit ikonischen Darstellungen. Rechendreieck</p>

	Rechendreieck hilft zum Problemlösen, da hier ein Muster bzw. Strukturen erkannt werden können, zudem könnten die Kinder hier in Partner- oder Gruppenarbeit über die Veränderungen kommunizieren und argumentieren.	hilft zum <i>Problemlösen</i> , da hier Mustern und Strukturen erkannt werden können. Prozessbezogene Kompetenzen <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> durch verschiedene Sozialformen.
2d	Besonders in der Motivation der SuS, sie lieben es, ein iPad in den Händen zu halten, was die Lust auf die Aufgaben steigert, dennoch sollte es in Maßen eingesetzt werden, da bei vielen Apps zu viel los ist und die Mathematik in den Hintergrund gerät. Ein weiterer Pluspunkt ist, dass die Apps den Kindern eine direkte Rückmeldung geben, sie bekommen also direkt mitgeteilt, ob sie die Aufgabe richtig gelöst haben und müssen bei den meisten Apps auch ihre Lösungen direkt korrigieren, sodass sie wissen, welches die richtige Lösung ist. Es könnte aber noch hilfreicher sein, ihnen visuell einen Lösungsweg an die Hand zu geben. Bsp. Bomben: Nicht einfach nur Anzeige, dass es falsch ist, sondern die Zahlen zusammen in ein Punktfeld einsortieren und so deutlich machen, dass die beiden Zahlen zusammen keine „10“ ergeben.	Tablet steigert Motivation für Beschäftigung mit Mathematik, nur in Maßen einsetzen, da Gestaltung von Apps mathematische Inhalte überdecken kann. Unmittelbare Rückmeldung nach Bearbeitung einer Aufgabe, unmittelbare Korrektur einer Lösung durch das Kind. Hilfreich ein visuell aufzeigender Lösungsweg, der über produktorientiertes Feedback hinausgeht.
2e	Rechendreieck: 2. Phase: Einsichten in Strukturen und Beziehungen: Durch das simultane Verändern der Außenzahlen beim Hinzufügen/ Verschieben und Löschen von Plättchen lassen sich sehr gut die Veränderungen der Außen- und Innenzahlen beschreiben, dies ist analog nicht so leicht möglich, da die SuS zusätzliche den Schritt des Ausrechnen übernehmen müssen, um den es hier nicht vorrangig geht. 4. Phase: Die meisten anderen Apps lassen sich dieser Phase zuordnen, da es keine oder wenig visuelle Unterstützungen gibt, sondern es ums reine Ausrechnen also ums Üben und Festigen geht. z. B. Mathe-Land: Bei der ersten Station sollen die Zahlen addiert werden, ohne eine visuelle Unterstützung durch eine bildliche Darstellung. Das Rechendreieck könnte auch zum Aufbau von Grundvorstellungen genutzt werden, wenn man die App an ein ActivePanel spiegelt und gemeinsam mit den SuS die Veränderungen betrachtet.	Rechendreieck Phase zwei des Übens für Einsichten in Strukturen und Beziehungen. Automatische Anpassung der Darstellungen und Übernahme des Kalkülen Rechnens der Software. Einsatz vieler Apps in vierter Phase, da keine visuelle Unterstützung und reines Ausrechnen von Rechenaufgaben. Einsatz App Rechendreieck in erster Phase, wenn Anschluss an ActivePanel und Arbeit im Plenum; Fokus auf Veränderungen.
2f	Weniger nicht mathematische Visualisierungen und Geräusche, damit sich voll und ganz auf die Aufgaben konzentriert werden kann. Mehr visuelle Unterstützung der mathematischen Aufgaben durch Plättchen etc. wie bei Iplus1, zudem sollte eine Fehlerkorrektur stattfinden, die den Fehler visualisiert (s. App: Rechnen mit Wendi)	Reduzierung fachunspezifischer Visualisierungen und Geräusche für Fokus auf Mathematik. Mehr visuelle Unterstützung mathematischer Inhalte. Fehlerkorrektur durch Visualisierung.
3a	Bedenken aufgrund der Bedienung und Handhabung für die Kinder. Visuelle und Auditive Unterstützung fehlt manchmal.	Bedienung Apps problematisch, Fehlen visueller und auditiver Unterstützung.
3b	Als für die Kinder sehr motivierend (Conni, Firstgrademath, Mathland) eventuell aber auch als ablenkend	Apps Conni, Mathe Lite und Mathe Land motivierend, aber zugleich ablenkend.

3c	Würde ich als eher schwierig einschätzen. Die Inhalte der Apps dienen zumeist dazu, um bereits erworbene inhaltsbezogene Kompetenzen weiter zu trainieren.	Förderung prozessbezogener Kompetenzen mittels Apps schwierig, dienen mehr Training erworbener inhaltsbezogener Kompetenzen.
3d	Motivationsförderung, individuelle Weiterarbeit	Digitale Apps motivationsfördernd, durch Abspeicherung Ergebnisse individuelle Weiterarbeit
3e	Stufe 2: Rechenfeld, Einspluseins, Rechendreieck Stufe 4: Conni, FirstGrademath, Mathland	Phase zwei des Übens: Rechenfeld, Einspluseins, Rechendreieck Phase vier des Übens: Conni, Mathe Lite und Mathe Land
3f	Auditive Erklärungen	Mehr auditive Erklärungen.
4a	[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]	Selbsterklärende Bedienung Apps Conni und Einspluseins. Apps durch Spielcharakter ansprechend und motivierend. Überfordernde Erklärung Funktionsmöglichkeiten App Rechenfeld.
4b		Conni: Sammeln von Punkten und Abzeichen für regelmäßiges Arbeiten gut. Conni: Vorlesefunktion gut. Demotivation, wenn komplette Übung für Freischaltung nächster Übung richtig gelöst werden muss. App Rechenfeld mit Funktionen überladen. Zu spätes Einsetzen des Belohnungsmechanismus App Einspluseins. Ansprechende optische Gestaltung Mathe Lite. Zu starker Spielcharakter bei App Mathe Land.
4c		Keine Möglichkeit der Förderung von prozessbezogenen Kompetenzen, weil Rechenaufgaben stark vorgegeben, kein selbstbestimmtes Handeln möglich.
4d		Apps bieten zusätzliche Übungsmöglichkeiten für Automatisierung von Lerninhalten. Tablets sind motivierend.
4e		Einsatz Apps Conni, Einspluseins, Mathe Lite und Mathe Land in vierter Phase des Übens für Sicherung und Geläufigkeit. In zweiter Phase des Übens App Rechenfeld, um Strukturen zu erkennen. Verschiedene Darstellungen und Anordnungen durch Software möglich, keine selbstbestimmte Anordnung von Darstellung möglich.
4f		Überfordernde Gestaltung App Rechenfeld. Selbstständige Anordnung von Plättchen für Aufbau flexibles Rechnen. Belohnung nach kleinerer Übungseinheit für Erfolgserlebnis App Einspluseins. Eigene Kreation und Lösung von Aufgaben bei Rechendreieck wären gut.

5a	<p><i>[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]</i></p>	<p>App Conni und Rechendreieck selbsterklärend, da optische Gestaltung ansprechend. Spielerischer Zugang und zugleich übersichtliche Gestaltung App Conni. App Rechenfeld mit vielen Funktionen unübersichtlich. Veranschaulichung von Rechenaufgaben durch Plättchen möglich.</p> <p>App Mathe Lite und Mathe Land überfüllt mit visuellen und auditiven Effekten, kontinuierliche Musik. Klang der Stimme störend. Veranschaulichung von Rechenaufgaben durch andere Darstellungen für inhaltliches Verständnis.</p>
5b		<p>Störende Sounds und Animationen für Lernprozess bei Mathe Land und Mathe Lite. Störende Computer-generierte Stimmen in Apps Einspluseins und Rechenfeld, aber angemessener zeitlicher und inhaltlicher Einsatz der Stimmen. Motivierende Belohnungsmechanismen durch Auszeichnungen App Conni. Weiterführendes Feedback durch Erklärungen und Hinweisen bei falschen Lösungen.</p>
5c		<p>Apps Rechenfeld und Rechendreieck geeignet für verschiedene Sozialformen und damit für den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen.</p>
5d		<p>Wenig Materialaufwand für Training von Rechenfertigkeiten. Zeitgleiches Darstellen und Verändern verschiedener Darstellungsebenen in Apps Rechenfeld und Rechendreieck.</p>
5e		<p>Einsatz Rechenfeld und Rechendreieck in Phase zwei des Übens mit Beobachtungsauftrag von Lehrkraft. Durch verschiedene Darstellungen in Apps Einsichten in Strukturen und Zusammenhänge.</p> <p>App Conni in Phase vier, für Sicherung von Rechenfertigkeiten. Erklärungen und Hinweise ermöglichen selbstständiges Arbeiten.</p>

	<i>[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]</i>	
5f		Besser keine Nutzung von Computerstimmen.
6a	motivierende Gestaltung, "coole" Musik und Effekte, leichte Bedienung, Ziele und neue Level, negativ: zu laut und bunt, reizüberflutung, math Land: mathematischer Sinn erschließt sich nicht im Vergleich manche Apps "langweilig"	Motivierende Gestaltung durch ansprechende Musik und Effekte. Leichte Bedienbarkeit. Freischaltung von neuen Leveln. Reizüberflutung durch zu viele/bunte auditive und visuelle Elemente.
6b	Gut wenn sich neue Level freischalten oder man etwas verdienen kann. Manche Apps haben gar keine Belohnung abgesehen von einem grünen Licht und einem ton	Gelungene Belohnungsmechanismen in Form von Freischaltung der nächsten Stufe und Verdienen von Auszeichnungen. Nicht gelungene Belohnungsmechanismen in Form eines Lichts oder einem Ton.
6c	conny noch am ehesten	Keine App für Förderung prozessbezogener Kompetenzen, ggf. App Conni.
6d	Motivation, digitale Medien sind faszinierend, ipads kennen manche nicht von zu hause	Digitale Medien faszinierend und ermöglichen neue Erfahrungen.
6e	rechendreiecke und rechenfeld für sie grundvorstellung, conni mehr als Spiele ... die anderen beiden finde ich nicht so gelungen	Für Aufbau von Grundvorstellungen nützt App Rechenfeld und Rechendreieck, App Conni als Spiel nutzen.
6f	weniger Reize, oder interessanter gestalten, andererseits Antwortmöglichkeiten, manchmal schon vorgegeben	Reizüberflutung vermeiden, interessantere Gestaltung von Apps, vorgegebene Antwortmöglichkeiten.
7a	<i>[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]</i>	Beste Gestaltung und Aufbau bei App Conni.
7b		Viele Apps zu viel, zu bunt, zu laut - ohne Kopfhörer im Unterricht problematisch.
7c		Mit Begleitung und zusätzlichem Material eignet sich Rechendreieck für prozessbezogene Kompetenzen, restlichen Apps dafür ungeeignet.
7d		Digitale Apps ermöglichen Motivation und spielerischen Zugang. Unmittelbare Selbstkontrolle möglich.
7e		Nein, für Phasen des Übens Austausch in Sozialformen grundlegend, Apps bieten keinen Vorteil gegenüber analogem Material.
7f		Stärkerer Fokus auf mathematische Inhalte. Anpassung von Anforderungen. Erklärungen und Hilfestellungen.
8a		Rechendreieck und Rechenfeld ist mir negativ aufgefallen. Ich habe sie selbst nicht verstanden und den Vorteil davon nicht erkannt. Conni 1 hingegen hat mich positiv überrascht.
8b	Rechendreieck sowie Rechenfeld empfinde ich als unsinnig, digital zu formen, da ich diese enaktiven Materialien bereits im Klassenraum analog	Digitale enaktive Materialien (Rechenfeld, Rechendreieck) bieten keinen Vorteil gegenüber analogen Materialien, Gestaltung bedenklich.

	verwende. Zudem finde ich die App nicht gut gestaltet. Die Animationen fand ich bei den restlichen Apps teils übertönend, weshalb ich einen Einsatz im Klassenzimmer nur mit Kopfhörern zustimmen würde. Bei 28 Sounds würde das die Konzentration ebenso stören. Die Animationen lenken grundsätzlich nicht ab und regen zum lernen an. Jedoch finde ich da lediglich die App Conni 1 gelungen. Vor allem auch qualitativ.	Zu viele Sounds störend für Konzentration und Lernatmosphäre – nur mit Kopfhörern möglich. Animationen regen Lernen an, wenn sie optisch und qualitativ ansprechend sind.
8c	Wenn digitales Darstellen dazu gehört, wird dies auch in den Apps ermöglicht. Solange das Kind alleine an der App lernt, glaube ich nicht, dass Kommunizieren und Argumentieren ermöglicht wird. Problemlosen und Modellieren hingegen finde ich gelungen. Dabei beziehe ich mich jedoch nur auf Conni 1 und Mathe 1. Anderen Apps sind für mich vorwiegend die digitale Version analoger Unterrichtsmittel.	Digitales <i>Darstellen</i> in Apps möglich, unterschiedliche Sozialformen für prozessbezogenen Kompetenzen <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> nötig, <i>Problemlösen</i> und <i>Modellieren</i> durch die App Conni möglich. Apps vorwiegend digitale Versionen analoger Unterrichtsmittel.
8d	Angepasst an die heutige Gesellschaft, vor allem mit der Möglichkeit auch außerschulisch sinnvoll am Tablet zu arbeiten. Ich sehe die Apps eher als <u>Ergänzung</u> und <u>Vertiefung</u> sinnig.	Durch Tablets Förderung mathematischer Inhalte außerhalb Schule, Apps als <u>Ergänzung</u> und <u>Vertiefung</u> .
8e	Einspluseins zur 1/2 Phase, da dort auch die symbolische Darstellung durch Punkte erfolgt und so auch das Zehner bzw. Zwanzigerfeld direkt betrachtet wird. Conni und Mathe klasse 1 stellt für mich eher eine Integration in Phase 4 dar, da dort schon viel wissen abgefragt und überprüft werden kann.	App Einspluseins in Phase eins und zwei des Übens, da Verknüpfung von symbolischer mit ikonischer Darstellung und damit gleichzeitige Betrachtung von Zehner- und Hunderterfeld. Apps Conni und Mathe Lite Integration in Phase vier, da Abfrage und Überprüfung von Wissen.
8f	Die Sounds sind eindeutig zu überladen und lenken ab. Das Design überzeugt mich lediglich bei Conni 1, der Rest wirkt nicht immer durchdacht. Mathe 1 Klasse umfasst zu viele Inhalte, die in Klasse 1 nichts zu suchen haben. Das erweckt den Eindruck, als müssten diese Inhalte in Klasse 1 erlernt werden. Verbale Erklärungen der Aufgaben würden allen Apps gut tun, sodass auch schwache Leser und Lerner die Aufgaben auf Anhieb verstehen. Hier punktet nur Einspluseins. Generell würde ich eine Reduktion empfehlen, wenn es um den Einsatz geht. Dem Einsatz im Klassenzimmer sehe ich außer bei Conni 1 kritisch entgegen, da dies meiner Meinung nach nur mit einer kleineren Lerngruppe ermöglicht werden könnte. Apps wie die Anton App sind nicht überladen und bieten auch mit 28 Kindern im Raum eine angenehme Lernatmosphäre. Bei den dargestellten Apps sehe ich da Probleme. Apps wie Einspluseins kann gut als Partner Arbeit genutzt werden. Rechendreieck und Rechenfeld bietet für mich eher eine visualisierung für schwächere Kinder, die zwar von Vorteil sein kann, ich den Vorteil zu analogen Material aber noch nicht deutlich erkenne und ich denke zudem, dass beide Apps nicht unbedingt zu Konzentration und Motivation führen.	Zu viele Sounds lenken ab. Durchdachtes oberflächliches Design bei App Conni. Mathematischer Inhalt von App Mathe Lite nicht abgestimmt auf Jahrgangsstufe. Mehr verbale Erklärungen für leistungsschwächere Leser und Lerner. Reduktion visueller und auditiver Elemente für angenehme Lernatmosphäre im Klassenzimmer. Einsatz App Einspluseins in Partnerarbeit möglich. App Rechenfeld und Rechendreieck als Visualisierung für leistungsschwächere Kinder, aber kein Vorteil gegenüber analogem Material.

9a	<p>[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]</p>	Spielerischer Zugang zu mathematischen Inhalten bei App Conni, Mathe Lite und Mathe Land, Anregung von Motivation.
9b		Belohnungsmechanismen, Sounds und Animationen wecken Interesse, Motivation durch Erreichen eines Ziels.
9c		Förderung <i>Problemlösen</i> , <i>Darstellen</i> und <i>Kommunikation</i> durch App Einspluseins, Rechendreieck und Rechenfeld. Verschiedene Darstellungsebenen fördern prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> . Mit ikonischen Darstellungen und verbalen Erklärungen kann die <i>Problemlösung</i> unterstützt werden.
9d		Vielfältige Einsatzmöglichkeiten von Apps, unterschiedliche Zugänge - spielerischer oder rein mathematischer Zugang.
9e		Einsatz Rechendreieck für Eröffnung des Themas in Phase eins des Übens.
9f		Apps enthalten gute Basis, spielerisches und interessantes Design wird bevorzugt.
10a	Mir ist bei der App Conni positiv aufgefallen, dass es Erklärungen in leichter Sprache gibt, wie die App zu bedienen ist. Bedenken: Die Kinder müssen die Aufgaben vorher erlernt haben, denn es geht in der App nur um das Benennen einer richtigen Lösung und nicht um Verständnisaufbau. Die App sollte meiner Meinung nach nur als Festigung von den zuvor erworbenen Kompetenzen eingesetzt werden, da diese keine ausreichenden aufeinander aufbauenden Erklärungen anbietet.	<p>Erklärungen in leichter Sprache, wie App Conni zu bedienen ist. Es geht um das Benennen richtiger Lösung und nicht um einen Verständnisaufbau. Fehlen von aufeinander aufbauenden Aufgaben.</p> <p>Übersichtliches Design bei Rechendreieck, aber optische Gestaltung trist und demotivierend mit zwei Darstellungsebenen (Zahlen und Plättchen).</p> <p>Darstellungswechsel möglich durch auditive Elemente, und symbolische und ikonische Darstellungen. Zusammenhang von Darstellungsebenen durch abgestimmte farbliche Markierungen.</p>

	<p>Mir ist bei der App Rechendreieck positiv aufgefallen, dass diese ein übersichtliches Layout hat und eine große Darstellung der Zahlen und Rechenplättchen. Diese Darstellung könnte jedoch auch trist und demotivierend auf Kinder wirken.</p> <p>Mir positiv aufgefallen, dass die App ein übersichtliches Layout hat. Die Aufgaben sind mit Wendepplättchen, symbolisch und verbal dargestellt, sodass ein Darstellungswechsel unterstützt wird. Wäre die symbolische Aufgabe in der farblich wie die Wendepplättchen markiert, so würde der Zusammenhang der Darstellungsebenen deutlicher markiert werden. Es ist mir aufgefallen, dass die Darstellungen nicht erklärt werden und wie die Aufgabe mithilfe des didaktischen Materials gelöst werden kann.</p> <p>Positiv ist mir aufgefallen bei der App First Grade Math 1, dass mehrere Spieleraccounts angelegt werden und Punktstand abgespeichert werden können. Mir ist negativ aufgefallen, dass es in der App Werbeanzeigen und in den Einstellungen möglich ist zum Internet zu gelangen. Zudem ist es erforderlich Lesen zu können und über ein Leseverständnis zu verfügen, da die Aufgabe sonst unklar ist. Die Aufgaben sind in vielen Spielen nicht selbsterklärend und intuitiv. Zum Beispiel sind die abzuzählenden Fische sind undeutlich dargestellt, denn sie setzen sich nicht deutlich vom Hintergrund ab und könnten übersehen werden.</p> <p>Es ist mir positiv aufgefallen, dass die App Mathe Land für in der sehr ansprechend gestaltet ist. Ich finde die Kombination, dass die Kinder in der spielend zu den Rechenaufgaben gelangen und diese korrekt lösen müssen um spielerisch weitere Welten zu erreichen sehr gelungen. Meine Bedenken sind jedoch, dass das Rechnen zu kurz kommt und die Elemente wo gespielt wird zu lang andauern.</p> <p>Bei der App Rechenfeld ist mir positiv aufgefallen, dass Erklärungen sowie die Rechenaufgaben auditiv wiedergegeben werden können. Zudem finde ich die Möglichkeit eine verschiedene Anzahl an Plättchen per Klick hinzuzufügen oder Plättchen zu wenden gut für die Förderung von Operationsverständnis. Meine Bedenken sind, dass ohne Impulse und Begleitaufgaben die App nicht lange genutzt wird.</p>	<p>Keine Erklärungen für Lösen von Aufgaben bedenklich.</p> <p>Mehrere Spielaccounts bei Mathe Lite möglich, Speicherung des Punktstandes. Bedenklich sind Werbeanzeigen. Keine Vorlesefunktion vorhanden. Aufgaben nicht selbsterklärend und intuitiv lösbar. Farbliche Gestaltung der App Mathe Lite unvorteilhaft.</p> <p>Ansprechender spielerischer Zugang in App Mathe Land, aber zu wenig mathematische Aufgaben. Belohnung in Form des Erreichens einer nächsten Stufe gut.</p> <p>Erklärungen und Vorlesefunktion der Aufgabe bei Rechenfeld vorhanden. Möglichkeit eine verschiedene Anzahl an Plättchen per Klick hinzuzufügen oder zu wenden gut für Förderung des Operationsverständnisses. Impulse und Begleitaufgaben für die Nutzung der App nötig.</p>
10b	<p>Es ist positiv zu beurteilen, dass die Conni App in Form eines Lobs, eine Belohnung nach einer richtig gelösten Aufgabe anbietet und nach einer falsch gelösten Aufgabe eine meist positiv formulierte oder wertschätzende Rückmeldung gibt. Der Belohnungsmechanismus könnte jedoch verbessert werden. Nach dem Erhalten von Münzen, wäre es sinnvoll diesen eine Belohnungsfunktion zu geben, wie bspw. die Möglichkeit Münzen gegen</p>	<p>App Conni: Belohnung in Form von akustischem Lob nach jeder richtigen Lösung, wertschätzende Rückmeldung nach falscher Lösung. Eintausch von gesammelten virtuellen Einheiten gegen eine Belohnung (z. B. Minispiel) stellt gutes Belohnungsmechanismus dar.</p> <p>App Rechendreieck und Rechenfeld: keine Belohnungsmechanismen und Sounds demotivieren.</p> <p>App Einspluseins: Feedback durch Aufblinken eines grünen Feldes</p>

	<p>einem Minispiel einzutauschen oder ein Belohnungsvideo/Animation anzubieten.</p> <p>Die App Rechendreieck bewerte ich als demotivierend bzgl. der Belohnungsmechanismen, da es kein belohnendes Feedback bzw. Soundeffekte gibt. Dementsprechend vermute ich, dass vielen Kindern schnell die Lust am Arbeiten mit der App vergeht. Meiner Meinung nach ist der Belohnungsmechanismus in der App Eins Plus Eins nicht gelungen, da beim korrekten Lösen lediglich ein grünes Feld aufblinkt und die Prozentzahl für das richtige Lösen der Aufgaben viel zu langsam steigt. Kinder die mehr Zeit für das Lösen von Aufgaben benötigen könnten dadurch frustriert werden. Zudem ist es fragwürdig eine Prozentangabe anzugeben, da die Kinder die Bedeutung sehr wahrscheinlich nicht nachvollziehen können.</p> <p>Die App First Grade Math 1 hat ein Belohnungsmechanismus, welches ich befriedigend bewerte. Das Kind erhält direkt nach einer korrekten Lösung einen speziellen Sound und das Lob „Super“. Auch der Spielstand wird gespeichert und es gibt eine Bewertung durch Sterne. Jedoch gibt es auch in dieser App keine Möglichkeit die erreichten Sterne für ein Belohnungsspiel oder Animation o. ä. einzulösen.</p> <p>Levelauswahl ansprechend und phantasievoll gestaltet und zusätzlich mit einer passenden Melodie hinterlegt. Dies könnte sehr ansprechend für Kinder sein und Motivation anregen. Ebenso ist das Belohnungssystem mit verschiedenen Schätzen sehr ansprechend und passend zur Thematik ausgearbeitet. Vor einer Rechenaufgabe gibt es eine spannende Animation und die Kinder dürfen spielerisch zur nächsten Aufgabe gelangen, was ich als sehr motivierend empfinde, sich länger mit der App zu beschäftigen.</p> <p>Die App Rechenfeld hat keine Belohnungsmechanismen, was für die Kinder schnell demotivierend sein könnte.</p>	<p>nicht ausreichend. Anstieg der Prozentzahl zu langsam - führt zu Frustration. Prozentangabe unverständlich für die Jahrgangsstufe.</p> <p>App Mathe Lite: nach jeder richtigen Lösung akustisches Lob und Sammeln von virtuellen Elementen gut.</p> <p>App Mathe Land: spielerischer Charakter durch Level und fantasievolle Gestaltung motivierend. Passende Belohnungsmechanismen zur thematischen Aufbereitung der App.</p>
10c	<p>Die Conni App eignet sich gar nicht für das Fördern der prozessbezogenen Kompetenzen. Sie eignet sich nur für das automatisieren der Rechenaufgaben. Die App Rechendreieck eignet sich für das Problemlösen, da der Fokus nicht auf das Ausrechnen der Aufgaben gelegt wird, sondern auf das Ausprobieren und Wahrnehmen von Veränderungen und Zusammenhängen. Andere Kompetenzen können meiner Meinung nach nicht durch das reine Anbieten der App abgedeckt werden. Es müssen dafür Zusatzaufgaben von der Lehrkraft angeboten werden. Die Kompetenz Kommunizieren könnte bspw. innerhalb einer Partnerarbeit in welcher die Kinder Vermutungen über Zusammenhänge und Veränderungen anstellen müssen, abgedeckt werden. Ich denke, dass sich die App Eins Plus Eins</p>	<p>Automatisieren von Rechenaufgaben durch App Conni. App Rechendreieck für <i>Problemlösen</i>, da Fokus auf Veränderungen und Zusammenhängen, überlassen des Ausrechnens von Aufgaben der Software. Für Förderung zusätzlicher prozessbezogener Kompetenzen Zusatzaufgaben Lehrkraft notwendig, <i>Kommunizieren</i> durch Sozialformen möglich. Förderung prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> durch App Einspluseins, aufgrund Visualisierung verschiedener Darstellungsebenen.</p>

	eignet, um die prozessebezogene Kompetenz Darstellen zu fördern, da die App verschiedene Darstellungsebenen visualisiert (verbal, symbolisch und didaktisches Material). Zusätzlich sollte über die Vernetzung der verschiedenen Darstellungsebenen kommuniziert werden, um sicher zu gehen, ob ein Verständnis entsteht. Die App First Grade Math 1 ist nicht geeignet für die Förderung prozessbezogener Kompetenzen. Die App App Mathe Land ist nicht geeignet für die Förderung prozessbezogener Kompetenzen. Nur durch zusätzliche Impulse der Lehrkraft können mit der App Rechenfeld prozessbezogene Kompetenzen gefördert werden.	
10d	Ich sehe eine große Chance von digitalen Mathematik-Apps durch das Unterstützen im Lösungsprozess durch individualisierte Hilfen und Feedback. Diese müssten jedoch angepasst auf verschiedene Rechenwege oder häufige Fehlerarten sein und dementsprechend ein hilfreiches Feedback geben. Somit könnte ein Kind im Verständnis einer Aufgabe unterstützt werden, ohne das Einschreiten einer Lehrkraft. Zudem könnten Kinder differenzierte Aufgaben (durch verschiedene Apps/Aufgaben/Einstellung des Zahlenraums) zugleich arbeiten. Durch das Erklären von Aufgabenstellungen und Feedback der differenzierten Aufgaben, welchen den Kindern durch digitale Apps angeboten werden kann, sind sie unabhängiger von der Hilfe einer Lehrkraft (welche zeitlich pro Kind sehr begrenzt ist). Außerdem kann es für Kinder, welche „leichtere Aufgaben“ erhalten, weniger frustrierend sein diese digital in einer App zu erhalten, da dies nicht so offensichtlich ist wie auf ein gesondertes Arbeitsblatt/Arbeitsheft.	Individuelles Feedback und Hilfen, angepasst auf Rechenwege und Fehlerarten, ermöglicht selbstständiges Arbeiten, ohne Einschreiten der Lehrkraft. Differenzierte Aufgaben (durch verschiedene Apps, Aufgabenformate und Einstellung des Zahlenraums), Differenzierung von Leistungsständen weniger offensichtlich als durch analoge Verfahren.
10e	Die App Rechendreieck würde ich als begleitendes Instrument in den ersten drei Phasen einsetzen. Um die Arbeit und den Verständnisprozess zu unterstützen und sichern würde ich zur Orientierung dienende Aufgaben bezogen auf das Rechendreieck in der App den Kindern stellen. Ebenso sollte mündlich über die Strukturen und Beziehungen gesprochen werden. Eins Plus Eins: Die App könnte in der Phase 1 für die Vereinigungs-Vorstellung sein, jedoch deckt diese kein dynamisches Hinzufügen ab bzw. keinen Veränderungszustand. Auch bei der Subtraktion ist nur eine Grundvorstellung abgedeckt, daher reicht die App nicht aus um alle Grundvorstellungen der Addition und Subtraktion aufzubauen. Für die zweite Phase ist die App für den Einsatz im Unterricht gut geeignet, da das Üben am didaktischen Material sowie die Visualisierung der symbolischen Darstellung zugleich möglich ist und verknüpft werden kann. Durch die Wendeplättchen kann ein Verständnis hinter der Plusaufgabe entstehen. Für die dritte Phase würde die App als alleiniges Instrument nicht ausreichend	App Rechendreieck und Rechenfeld als Begleitung für die ersten drei Phasen des Übens unter Zuhilfenahme von Zusatzaufgaben. Einsatz Einspluseins in erster Phase für Aufbau der Grundvorstellung Vereinigung, nicht alle Grundvorstellungen der Grundrechenarten werden abgedeckt. Geeignet für zweite Phase, da Verknüpfung von symbolischer mit ikonischer Darstellung. Geeignet für vierte Phase für Sicherung der Grundrechenarten. Rechenfeld unterstützt Aufbau eines dezimalen Stellenwertsystems und Bündelungsverständnis durch Fokus auf Operation und nicht Ergebnis.

	<p>sein. Es müssten zusätzliche Angebote zur App im Unterricht eingebracht werden. Zur Sicherung (Phase 4) des Lösens von Plus- und Minusaufgaben eignet die App sehr gut.</p> <p>Rechenfeld: Die App Rechenfeld würde ich begleitend mit Impulsaufgaben in den Phasen 1-3 verwenden. Die App könnte den Aufbau vom dezimalen Stellenwertsystem unterstützen und besonders das Verständnis von Bündelung. Da der Fokus in der App besonders auf die Operation und nicht auf das Ergebnis liegt ist die App besonders für die Phase 2 geeignet. Der Zusammenhang von didaktischem Material und der symbolischen Darstellung ist in der App schön umgesetzt. Auch symbolisches Rechnen ist möglich.</p>	
10f	<p>App Rechendreieck:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zusätzlich zu jetzigem Format einen Modus, der Aufgabenstellungen anbietet und die Kinder besser im Lernprozess begleitet und unterstützt - Motivierende mündliche und visuelle Hilfestellungen und Feedback <p>Eins Plus eins:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Veränderung des Belohnungsmechanismus: weniger Aufgaben lösen, um das Ziel erreichen zu können und mehr Animation oder Feedback zur korrekten oder falschen Lösung - Hilfestellungen und Erklärungen anbieten <p>Rechenfeld:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zusätzlich zu jetzigem Format einen Modus, der Aufgabenstellungen anbietet und die Kinder besser im Lernprozess begleitet und unterstützt. - - >Ein Belohnungssystem sollte in diesen Modus aufgenommen werden. - Erst nach längerer Beschäftigung habe ich neue Funktionen durch Zufall entdeckt, dementsprechend schlage ich zur Verbesserung vor, eine bessere Übersicht für Funktionen anzubieten. 	<p>Bei Apps mit vorgegebenen Aufgaben extra Modus mit aktiven Rechenaufgaben integrieren. Integration von auditiven und visuellen Hinweisen und Feedback. Bei Einspluseins Belohnung nach weniger zu lösenden Aufgaben. Mehr visuelles und konstruktives Feedback.</p> <p>Übersichtlicheren Überblick über die möglichen Funktionen bei App Rechenfeld.</p>
11a	<p><i>[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]</i></p>	<p>Spielerische Lernumgebung und ansprechende visuelle und mathematische Gestaltung bei App Conni.</p> <p>Zu viele unübersichtliche Funktionen. Keine Berechnung von Aufgaben bei App Rechenfeld.</p>
11b		<p>Mittelmaß an Belohnungsmechanismen bei Conni gut. Mittelmaß an Sounds und Animationen gut.</p>
11c		<p>Förderung prozessbezogener Kompetenzen nicht möglich.</p>
11d		<p>Bedienen von Tablets motiviert.</p>
11e		<p>Einsatz Conni App in der vierten Phase, da Spielcharakter motiviert Beschäftigung mit Mathematik.</p>

11f	<p><i>[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]</i></p>	App Rechenfeld: Interessantere Gestaltung, übersichtliche Funktionen. Möglichkeit der Berechnung von Aufgaben.
12a		Vorlesefunktion. Weiterführende Hinweise bei falscher Lösung positiv. Fehlende Erklärungen und Hinweise über Bedienung der Apps negativ.
12b		App Mathe Lite: Belohnung in Form eines Tons eintönig und nicht individuell. Mathe Land: zu viel Spaß und zu wenig Rechnen. App Rechendreieck: mehr Sounds und Animationen für Motivation.
12c		Kein Aufbau prozessbezogener Kompetenzen möglich, weil Fokus auf Ausrechnungen von Aufgaben.
12d		Motivation durch Bedienen von Tablets. Optische Gestaltung von mathematischen Aufgaben weckt Interesse an Mathematik.
12e		Einsatz Conni für vierte Phase, Automatisierung von Rechenaufgaben. Mathe Land als Belohnung für Kinder.
12f		Selbstständiges Arbeiten durch Erklärungen, Hinweise und Feedback.
13a		Bei Einspluseins unterschiedliche Darstellungen (wie symbolisch und ikonisch). Erklärung des Zusammenhangs der Darstellungen auf visueller und verbaler Ebene wünschenswert. Bedenklich reines Ausrechnen von Aufgaben bei Mathe Land und Mathe Lite. Finden der Lösung durch zufälliges Herumklicken bedenklich. Optische Gestaltung sollte thematisch Sinn ergeben.
13b		Verwirrende und unverständliche Belohnung bei Einspluseins. Zeitlicher Einsatz (nach der Lösung einer Aufgabe) von Belohnungen, Sounds und Animationen bei Conni gut – stören nicht die Konzentration beim Lösen einer Aufgabe.

13c		Zusatzaufgaben durch Lehrkraft für Förderung prozessbezogener Kompetenzen. Apps beziehen sich auf reine Ausrechnung von Aufgaben oder veranschaulichen Aufgaben durch verschiedene Darstellungsebenen.
13d	<i>[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]</i>	Exakte Anordnung der Plättchen auf einem analogen Rechenfeld bei machen Kindern problematisch aufgrund fehlender feinmotorischer Fähigkeiten, App Rechenfeld bietet Unterstützung, da nur die passenden Symbole angeklickt werden müssen. Keine vielfache Ausführung an Materialien nötig. Neue Perspektive auf mathematische Inhalte (5er-Bündelung und 10er Struktur) bei Rechenfeld, durch zeitgleiches Bewegen mehrerer Plättchen durch Anklicken passendes Symbol.
13e		App Mathe Lite erzeugt Unklarheiten - durch selbsterklärende Apps Vermeidung von Unklarheiten. Arbeitsaufträge von Lehrkraft nötig für Einsatz App Rechenfeld in den ersten drei Phasen. Einsatz von Einspluseins in vierter Phase für Sicherung Addition und Subtraktion.
13f		Optisch ansprechende Gestaltung nicht ausreichend für Lernen von Mathematik. Unterschiedliche Aufgabenformate in Apps wichtig, die mathematisches Verständnis aufbauen und prozessbezogene Kompetenzen fördern.
14a		Positiv: Selbstkontrolle und Belohnung. Differenzierungsmöglichkeiten durch Darbietung oder Weglassen ikonischer Veranschaulichungen. Selbstkontrolle des eigenen Fortschritts.

		Negativ: Möglichkeit der Freischaltung aller Aufgaben bei Conni. Keine verbale Unterstützung bei Mathe Lite. Wenig Bezug zur Mathematik bei Mathe Land, Rechnen geschieht nebenbei.
14b		App Conni: gute Belohnungssysteme. Motivierende und sinnvolle Sounds, die Auskunft über Richtigkeit von Lösung geben.
14c		Prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> durch Rechendreieck, alle Kompetenzen möglich bei allen Apps durch Anschlusskommunikation, -handlung.
14d		Selbstständiges individuelles Lernen unabhängig von Lehrkraft durch unmittelbare Rückmeldungen.
14e	[Die Originalzitate wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt, da kein Einverständnis zur Veröffentlichung durch die beteiligte Lehrkraft vorliegt.]	Einordnung vieler Apps in Phase vier des Übens: durch viele Wiederholungen das Gelernte sichern. Spielerische Elemente würden bei anderen Phasen vom mathematischen Inhalt ablenken. Apps Rechendreieck und Rechenfeld in Phase 2-3, da Fokus auf Mathematik.
14f		Möglichkeit der Vorlesefunktion sinnvoll, besonders für 1. Klasse. Belohnungssysteme, die zusätzliche Spiele ermöglichen.
15a		Einfache Strukturierungsmöglichkeit von Darstellungen für gezielte Förderung bei App Rechenfeld. Ansprechende Rahmengeschichten bei Mathe Land. Zu viel Musik lenkt ab.
15b		Digitale Apps motivieren.
15c		Prozessbezogene Kompetenzen <i>Argumentieren</i> und <i>Modellieren</i> durch begleitende Verbalisierung der richtigen Lösung, z. B. in App Conni.
15d		Entlastung der Lehrkräfte, kein Materialaufwand. Ermöglichen selbstständiges Arbeiten.
15e		Einsatz Apps Rechenfeld, Conni, Einspluseins, Rechendreieck in Phase vier des Übens: für Vertiefung und Übung.
15f		Weniger Musik, weniger Farben.

16a	Insbesondere die Conni App finde ich schön und motivierend gestaltet. Die Matheaufgaben sind spielerisch gestaltet.	Optisch ansprechende und motivierende Gestaltung App Conni. Spielerische Gestaltung der Matheaufgaben.
16b	/	/
16c	/	/
16d	Motivierender Charakter! Es eignet sich dazu, den Mathematikunterricht abwechslungsreich zu gestalten und auch die Interessenwelt der Kinder miteinzubeziehen. Die Kinder können in ihrem eigenen Tempo daran arbeiten und sich ggf. noch mal Erklärungen neu einholen. Auch sind beispielsweise Hausaufgaben auf dem Tablet/ Computer auch mal motivierender als immer nur analoge Hausaufgaben auf zu haben.	Möglichkeit der Gestaltung eines abwechslungsreichen Mathematikunterrichts. Einbezug Interessenwelt der Kinder. Arbeit im eigenen Tempo möglich. Verfügbarkeit von Erklärungen. Hausaufgaben via Tablet motivierender und abwechslungsreich.
16e	(Die ANTON App würde ich in Phase 3 integrieren)	/
16f	/	/

Anhang 2.2: Durchführung der Zusammenfassung

Tab. 2: Durchführung der Zusammenfassung

Fall	Paraphrase	Generalisierung	Kategorie	Hauptkategorie
1a	Viele Apps ansprechend gestaltet (Conni, Mathe Lite, Mate Land), weniger ansprechend sind Computerstimmen (Einspluseins, Mathe Lite, Rechenfeld).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Computergenerierte Stimmen nicht ansprechend 	Sprache <ul style="list-style-type: none"> ▪ Klangqualität 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Multimediale Darstellungsformen
1a	Weniger ansprechend Anzeige von Werbung (Mathe Lite).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Werbeanzeigen nicht ansprechend 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> ▪ Werbeanzeigen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Multimediale Darstellungsformen
1a	Conni: Gestaltung von Design und mathematischen Aufgaben gelungen, interessante visuelle Einkleidungen von Aufgaben.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visuelle Einkleidungen von Aufgaben 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einkleidung von Aufgaben 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Multimediale Darstellungsformen
1a	Motivation durch Sammeln von Medaillen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnung durch Auszeichnungen 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sammlung virtueller Elemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme
1a	Bei Schwierigkeiten Angebot von Hilfen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hilfebutton bei Schwierigkeiten 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rückmeldung nach Anforderung 	Mathematikdidaktische Potenziale

1a	Einspluseins: Bedenkliche Rückmeldung bei falscher Lösung, wenn lediglich die richtige Lösung neben der falschen angezeigt wird.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bloße Feststellung des Fehlers bedenklich 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktorientierte Hinweise 	Mathematikdidaktische Potenziale
1a	Mathe Lite: Gestalterische Figur kann nicht sprechen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gestalterische Figur ohne Funktion 	Sounds und Animationen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elemente verbunden mit Funktion 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Multimediale Darstellungsformen
1a	Viele Rechenformate frei wählbar, aber nicht abgestimmt auf erste Klasse.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abstimmung von mathematischen Inhalten mit Jahrgangsstufe 	Curriculare Abstimmung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Angepasste inhaltsbezogene Kompetenzen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Klassenstufe
1a	Mathe Land: zu viele Optionen und Auswahlmöglichkeiten.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zu viele Optionen und Auswahlmöglichkeiten 	Intuitive Bedienung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ App-Bedienung
1a	Zu viel spielen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zu viele spielerische Elemente 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzahl und Dauer mathematischer Aufgaben 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ App-Bedienung
1a	Rechendreieck: entdecken von Rechendreiecken, evtl. im Plenum.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entdecken von Mustern, ggf. in Sozialformen 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entdeckendes Lernen 	Produktives Üben
1a	Rechenfeld: Erklärung über die Funktionen der App zu umfangreich.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unklare Anleitung über Funktionen 	Intuitive Bedienung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Navigationselemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ App-Bedienung
1a	Bietet Unterstützung für Veranschaulichung von Rechenaufgaben durch die Optionen Zehner/Einer, Hunderterfeld und Rechenstrich, beliebiges Verschieben der Plättchen verwirrend.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vernetzung symbolischer Aufgaben durch ikonische Darstellungen 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestützte Aufgaben 	Produktives Üben
1b	Conni aufgrund verschiedener Belohnungen motivierend.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration mehrerer Belohnungsmechanismen 	Anzahl und Variation von Belohnungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzahl verschiedener Mechanismen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme
1b	Anleitung über die Funktionen und Ziel der App Mathe Land unzureichend.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ unklare Anleitung 		
1b	Ton bei Mathe Lite unangenehm und laut, Computerstimmen bei anderen Apps unangenehm.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unangenehmer Klang von Tönen 		
1c	Verschiedene Aufgabenmöglichkeiten in Apps regen prozessbezogene Kompetenzen an.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschiedene Aufgabenmöglichkeiten 	Explizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgabenstellung 	Prozessbezogene Kompetenzen

1c	Apps Rechenfeld und Rechendreieck Unterstützung für die Kompetenzen und nicht Apps als Förderung der Kompetenzen.	<ul style="list-style-type: none"> Apps als Unterstützung prozessbezogener Kompetenzen 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> Integrierte Unterstützungsmechanismen 	Prozessbezogene Kompetenzen
1d	Conni: motivierend, zusätzliche Erklärungen möglich.	<ul style="list-style-type: none"> auditive Erklärungen 		
1d	Einspluseins: für Aufgaben keine digitale App nötig.	<ul style="list-style-type: none"> Aufgaben in Einspluseins digital nicht nötig 		
1d	Mathe Lite: Aufgabenniveau zu komplex oder zu einfach.	<ul style="list-style-type: none"> Aufgabenniveau 	Aufgabenniveau <ul style="list-style-type: none"> Angepasstes Niveau der Aufgaben 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Klassenstufe
1d	Mathe Land: spielerischer Charakter überdeckt mathematischen Inhalt.	<ul style="list-style-type: none"> Zu viele spielerische Elemente 		
1d	Rechendreieck: Veranschaulichung für Darstellen von Veränderungen.	<ul style="list-style-type: none"> Visualisierung von operativen Zusammenhängen 	Synchronität und Vernetzung von Darstellungen <ul style="list-style-type: none"> Zeitgleiches Darstellen und Verändern 	Mathematikdidaktische Potenziale
1d	Rechenfeld: Bedienung einfacher als Verwendung von Material auf dem Tisch; ideale Unterstützung.	<ul style="list-style-type: none"> Kompaktes Material in Apps 	Unbegrenzter Vorrat an Material und Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Integration analoger Materialien 	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
1e	Conni in dritter Phase des Übens, Rechendreieck in erster und zweiter Phase, Rechenfeld in dritter und vierter Phase.	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz Apps in Phasen des Übens 		
2a	Einspluseins: ikonische Darstellungen von Operationen hilfreich.	<ul style="list-style-type: none"> Ikonische Darstellung unterstützt Operationsverständnis 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Gestützte Aufgaben 	Produktives Üben
2a	Mechanische Stimmen aufgrund undeutlicher Aussprache problematisch.	<ul style="list-style-type: none"> Verständlichkeit mechanischer Stimme problematisch 	Sprache <ul style="list-style-type: none"> Verständlichkeit 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Multimediale Darstellungsformen
2a	Apps mit bunter und lauter Gestaltung überdeckt mathematischen Inhalt.	<ul style="list-style-type: none"> Bunte und laute Elemente überlagern mathematische Inhalte 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> Farbliche Gestaltung Sounds und Animationen <ul style="list-style-type: none"> Fachunspezifische Elemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Multimediale Darstellungsformen
2a	Zweckentfremdete Verwendung von mathematischen Symbolen führt zu Verwirrung.	<ul style="list-style-type: none"> zweckentfremdete Verwendung von mathematischen Symbolen 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> Verwendung mathematischer Symbole 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Multimediale Darstellungsformen

2b	Sounds, Animationen und Belohnungen motivierend, wenn diese nicht ablenken.	▪ auditive und visuelle Elemente dürfen nicht ablenken		
2b	Belohnung bei täglicher Anwendung der App, fördert kontinuierliches Üben bei App Conni.	▪ Belohnung nach täglicher Anwendung	Zeitpunkt der Belohnung ▪ Nach täglicher Anwendung	Oberflächenmerkmale ▪ Belohnungssysteme
2c	Einspluseins unterstützt prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> , da Verknüpfung von symbolischen Rechenaufgaben mit ikonischen Darstellungen.	▪ Verschiedene Darstellungen unterstützen prozessbezogene Kompetenzen	Implizite Bezüge ▪ Integrierte Unterstützungsmechanismen (Darstellungsebenen)	Prozessbezogene Kompetenzen
2c	Einspluseins unterstützt prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> , da Verknüpfung von symbolischen Rechenaufgaben mit ikonischen Darstellungen.	▪ Verknüpfung von symbolischen Rechenaufgaben mit ikonischen Darstellungen		
2c	Rechendreieck hilft zum <i>Problemlösen</i> , da hier Muster bzw. Strukturen erkannt werden können.	▪ Muster und Strukturen unterstützen prozessbezogene Kompetenzen	Implizite Bezüge ▪ Integrierte Unterstützungsmechanismen (Muster und Strukturen)	Prozessbezogene Kompetenzen
2c	Prozessbezogene Kompetenzen <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> durch verschiedene Sozialformen.	▪ Einsatz in Sozialformen	Implizite Bezüge ▪ Einsatz in Sozialformen	Prozessbezogene Kompetenzen
2d	Tablet steigert Motivation für Beschäftigung mit Mathematik, nur in Maßen einsetzen, da Gestaltung von Apps mathematische Inhalte überdecken kann.	▪ Gestaltung von Apps überdeckt mathematische Inhalte	Zugang mathematischer Inhalte ▪ Spielerischer Zugang	Oberflächenmerkmale ▪ App-Bedienung
2d	Unmittelbare Rückmeldung nach Bearbeitung einer Aufgabe, unmittelbare Korrektur einer Lösung durch das Kind selbst.	▪ Rückmeldung ohne Zeitverzögerung	Informative Rückmeldung ▪ Unmittelbare Rückmeldung nach Bearbeitung	Mathematikdidaktische Potenziale
2d	Hilfreich ein visuell aufzeigender Lösungsweg, der über produktorientiertes Feedback hinausgeht.	▪ Konstruktive und prozessorientierte Hinweise	Informative Rückmeldung ▪ Konstruktive und prozessorientierte Hinweise ▪ Visuelle Rückmeldung durch Darstellungen	Mathematikdidaktische Potenziale
2e	Rechendreieck Phase zwei des Übens für Einsichten in Strukturen und Beziehungen.	▪ Einsichten in Strukturen und Beziehungen	Funktion der Aufgaben ▪ Einsichten in Strukturen und Beziehungen	Produktives Üben
2e	Automatische Anpassung der Darstellungen und Übernahme des Kalkülen Rechnens der Software.	▪ Übernahme von Kalkülen Rechenprozessen	Verlagerung kognitiver Beanspruchung	Mathematikdidaktische Potenziale

			<ul style="list-style-type: none"> Übernahme von Kalkülen Rechenprozessen 	
2e	Einsatz vieler Apps in vierter Phase, da keine visuelle Unterstützung und reines Ausrechnen von Rechenaufgaben.	<ul style="list-style-type: none"> Rechenaufgaben ohne visuelle Unterstützung 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Formal-unstrukturierte Aufgaben 	Produktives Üben
2e	Einsatz App Rechendreieck in erster Phase, wenn Anschluss an ActivePanel und Arbeit im Plenum; Fokus auf Veränderungen.	<ul style="list-style-type: none"> Anschluss an ActivePanel 	Nutzungsbedingungen <ul style="list-style-type: none"> Anschluss an ActivePanel 	Produktives Üben
2f	Reduzierung fachunspezifischer Visualisierungen und Geräusche für Fokus auf Mathematik.	<ul style="list-style-type: none"> Reduzierung fachunspezifischer auditiver und visueller Elemente 	Sounds und Animationen <ul style="list-style-type: none"> Fachunspezifische Elemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Multimediale Darstellungsformen
2f	Mehr visuelle Unterstützung mathematischer Inhalte.	<ul style="list-style-type: none"> Visuelle Unterstützung mathematischer Inhalte 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Gestützte Aufgaben 	Produktives Üben
2f	Fehlerkorrektur durch Visualisierung.	<ul style="list-style-type: none"> Visuelles Feedback 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> Visuelle Rückmeldung durch Darstellungen 	Mathematikdidaktische Potenziale
3a	Bedienung Apps problematisch, Fehlen visueller und auditiver Unterstützung.	<ul style="list-style-type: none"> Bedienung durch visuelle und auditive Unterstützung 	Intuitive Bedienung <ul style="list-style-type: none"> Navigationselemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> App-Bedienung
3b	Apps Conni, Mathe Lite und Mathe Land motivierend, aber zugleich ablenkend.	<ul style="list-style-type: none"> Ablenkende Elemente erschweren Zugang 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> Spielerischer Zugang 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> App-Bedienung
3c	Förderung prozessbezogener Kompetenzen mittels Apps schwierig, dienen mehr Training erworbener inhaltsbezogener Kompetenzen.	<ul style="list-style-type: none"> Training inhaltsbezogener Kompetenzen 	Explizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> Aufgabenstellung 	Prozessbezogene Kompetenzen
3d	Digitale Apps motivationsfördernd, durch Abspeicherung Ergebnisse, individuelle Weiterarbeit.	<ul style="list-style-type: none"> Speicherfunktion 	Dokumentation von Bearbeitungen <ul style="list-style-type: none"> Speicherfunktion 	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
3e	Phase zwei des Übens: Rechenfeld, Einspluseins, Rechendreieck. Phase vier des Übens: Conni, Mathe Lite und Mathe Land.	<ul style="list-style-type: none"> Einordnung Apps in Phasen des Übens 		
3f	Mehr auditive Erklärungen.	<ul style="list-style-type: none"> Auditive Erklärungen 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> Auditive Rückmeldung durch Erklärungen 	Mathematikdidaktische Potenziale
4a	Selbsterklärende Bedienung Apps Conni und Einspluseins,	<ul style="list-style-type: none"> Selbsterklärende Bedienung 	Intuitive Bedienung	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> App-Bedienung
4a	Apps durch Spielcharakter ansprechend und motivierend.	<ul style="list-style-type: none"> spielerischer Zugang 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> Spielerischer Zugang 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> App-Bedienung
4a	Überfordernde Erklärung über Funktionsmöglichkeiten App Rechenfeld.	<ul style="list-style-type: none"> Unübersichtliche Anleitung 		

4b	Conni: Sammeln von Punkten und Abzeichen für regelmäßiges Arbeiten gut.	<ul style="list-style-type: none"> Belohnung in Form von Punkten und Abzeichen 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Sammlung virtueller Elemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
4b	Conni: Vorlesefunktion gut.	<ul style="list-style-type: none"> Auditive Unterstützung 	Verlagerung kognitiver Beanspruchung <ul style="list-style-type: none"> Auditive Unterstützung 	Mathematikdidaktische Potenziale
4b	Demotivation, wenn komplette Übung für Freischaltung nächster Übung richtig gelöst werden muss.	<ul style="list-style-type: none"> Zu späte Freischaltung nächster Übung 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Freischaltungen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
4b	App Rechenfeld mit Funktionen überladen.	<ul style="list-style-type: none"> Zu viele Funktionen 	Intuitive Bedienung <ul style="list-style-type: none"> Aufbau 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
4b	Zu spätes Einsetzen des Belohnungsmechanismus App Einspluseins.	<ul style="list-style-type: none"> Belohnung nach Aufgabensatz bedenklich 	Zeitpunkt der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Nach Aufgabensatz 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
4b	Ansprechende optische Gestaltung Mathe Lite.	<ul style="list-style-type: none"> Ansprechendes Design 		
4b	Zu starker Spielcharakter bei App Mathe Land.	<ul style="list-style-type: none"> Spielcharakter 		
4c	Keine Möglichkeit der Förderung von prozessbezogenen Kompetenzen, weil Rechenaufgaben stark vorgegeben, kein selbstbestimmtes Handeln möglich.	<ul style="list-style-type: none"> Prozessbezogene Kompetenzen nicht möglich, da vorgegebene Aufgaben ohne selbstbestimmtes Handeln 	Explizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> Aufgabenstellung 	Prozessbezogene Kompetenzen
4d	Apps bieten zusätzliche Übungsmöglichkeiten für Automatisierung von Lerninhalten, Tablets sind motivierend.	<ul style="list-style-type: none"> Übungsmöglichkeiten für Automatisierung 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Sicherung und Geläufigkeit 	Produktives Üben
4e	Einsatz Apps Conni, Einspluseins, Mathe Lite und Mathe Land in vierter Phase des Übens für Sicherung und Geläufigkeit.	<ul style="list-style-type: none"> Sicherung und Geläufigkeit 		
4e	In zweiter Phase des Übens App Rechenfeld, um Strukturen zu erkennen.	<ul style="list-style-type: none"> Strukturen erkennen 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Einsichten in Strukturen und Beziehungen 	Produktives Üben
4e	Verschiedene Darstellungen und Anordnungen durch Software möglich, keine selbstbestimmte Anordnung von Darstellungen möglich.	<ul style="list-style-type: none"> Computergestützte An- und Umordnung strukturierter Darstellungen 	Strukturierungshilfen <ul style="list-style-type: none"> Automatische Strukturierung Umordnung geordneter Darstellung 	Mathematikdidaktische Potenziale
4f	Überfordernde Gestaltung App Rechenfeld.	<ul style="list-style-type: none"> Überforderndes Design 		
4f	Selbstständige Anordnung von Plättchen für Aufbau flexibles Rechnen.	<ul style="list-style-type: none"> Selbstbestimmtes enaktives Handeln 		
4f	Belohnung nach kleinerer Übungseinheit für Erfolgserlebnis App Einspluseins	<ul style="list-style-type: none"> Belohnung nach kleinen Übungseinheiten 		

4f	Eigene Kreation und Lösung von Aufgaben bei Rechendreieck wären gut.	<ul style="list-style-type: none"> Eigene Kreation und Lösung von Aufgaben 	Aufgabenformat <ul style="list-style-type: none"> Kreation eigener Aufgaben 	Produktives Üben
5a	App Conni und Rechendreieck selbsterklärend.	<ul style="list-style-type: none"> Selbsterklärende Bedienung 	Intuitive Bedienung	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
5a	Optische Gestaltung ansprechend.	<ul style="list-style-type: none"> Ansprechende optische Gestaltung 	Optisches Design	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Multimediale Darstellungsformen
5a	Spielerischer Zugang und zugleich übersichtliche Gestaltung App Conni.	<ul style="list-style-type: none"> Spielerischer Zugang 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> Spielerischer Zugang 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> App-Bedienung
5a	App Rechenfeld mit vielen Funktionen unübersichtlich.	<ul style="list-style-type: none"> Unübersichtliche Funktionen 		
5a	App Mathe Lite und Mathe Land überfüllt mit visuellen und auditiven Effekten, kontinuierliche Musik.	<ul style="list-style-type: none"> Zu viele auditive/visuelle Effekte 	Sounds und Animationen <ul style="list-style-type: none"> Fachunspezifische Elemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Multimediale Darstellungsformen
5a	Klang der Stimme störend.	<ul style="list-style-type: none"> Klang der Stimme störend 	Sprache <ul style="list-style-type: none"> Klangqualität 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Multimediale Darstellungsformen
5a	Veranschaulichung von Rechenaufgaben durch andere Darstellungen für inhaltliches Verständnis.	<ul style="list-style-type: none"> Veranschaulichung Rechenaufgaben durch Darstellungen 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Gestützte Aufgaben 	Produktives Üben
5b	Störende Sounds und Animationen für Lernprozess bei Mathe Land und Mathe Lite.	<ul style="list-style-type: none"> Fachunspezifische Sounds und Animationen 		
5b	Störende Computer-generierte Stimmen in Apps Einspluseins und Rechenfeld, aber angemessener zeitlicher und inhaltlicher Einsatz der Stimmen.	<ul style="list-style-type: none"> Computergenerierte Stimme störend Angemessener zeitlicher und inhaltlicher Einsatz 		
5b	Motivierende Belohnungsmechanismen durch Auszeichnungen App Conni.	<ul style="list-style-type: none"> Belohnung durch Auszeichnungen 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Sammlung virtueller Elemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
5b	Weiterführendes Feedback durch Erklärungen und Hinweisen bei falschen Lösungen.	<ul style="list-style-type: none"> Konstruktive und prozessorientierte Hinweise 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> Konstruktive und prozessorientierte Hinweise 	Mathematikdidaktische Potenziale
5c	Apps Rechenfeld und Rechendreieck geeignet für verschiedene Sozialformen und damit für den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen.	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz in Sozialformen für prozessbezogene Kompetenzen 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> Einsatz in Sozialformen 	Prozessbezogene Kompetenzen
5d	Wenig Materialaufwand für Training von Rechenfertigkeiten.	<ul style="list-style-type: none"> Wenig Materialaufwand 	Unbegrenzter Vorrat an Material und Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Integration analoger Materialien 	Unterrichtsorganisatorische Potenziale

5d	Zeitgleiches Darstellen und Verändern verschiedener Darstellungsebenen in Apps Rechenfeld und Rechendreieck.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeitgleiches Darstellen und Verändern verschiedener Darstellungen 	Synchronität und Vernetzung von Darstellungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeitgleiches Darstellen und Verändern 	Mathematikdidaktische Potenziale
5e	Einsatz Rechenfeld und Rechendreieck in Phase zwei des Übens mit Beobachtungsauftrag von Lehrkraft.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beobachtungsauftrag einer Lehrkraft 	Nutzungsbedingungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Begleitende Aufgaben durch Lehrkraft 	Produktives Üben
5e	Durch verschiedene Darstellungen Einsichten in Strukturen und Zusammenhänge.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsichten in Strukturen und Zusammenhänge 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsichten in Strukturen und Beziehungen 	Produktives Üben
5e	App Conni in Phase vier, für Sicherung von Rechenfertigkeiten,	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicherung von Grundrechenarten 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicherung und Geläufigkeit 	Produktives Üben
5e	Erklärungen und Hinweise ermöglichen selbstständiges Arbeiten.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selbstständiges Arbeiten durch Erklärungen 	Intuitive Bedienung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Navigationselemente 	App-Bedienung
5f	Besser keine Nutzung von Computerstimmen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klang von Stimmen 		
6a	Motivierende Gestaltung durch ansprechende Musik und Effekte.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Musik und Effekte 	Sounds und Animationen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fachunspezifische Elemente 	Multimediale Darstellungsformen
6a	Leichte Bedienbarkeit.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selbsterklärende Bedienung 	Navigation <ul style="list-style-type: none"> ▪ Intuitive Bedienung 	App-Bedienung
6a	Freischaltung von neuen Leveln.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnung durch Freischaltung neuer Level 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Freischaltungen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme
6a	Reizüberflutung durch zu viele/bunte auditive und visuelle Elemente.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zu viele auditive/visuelle Elemente 	Sounds und Animationen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fachunspezifische Elemente 	Multimediale Darstellungsformen
6b	Gelungene Belohnungsmechanismen in Form von Freischaltung der nächsten Stufe und Verdienen von Auszeichnungen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnung durch Freischaltungen und Auszeichnungen 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Freischaltungen ▪ Sammlung virtueller Elemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme
6b	Nicht gelungene Belohnungsmechanismen in Form eines Lichts oder einem Ton.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnung durch einfache Rückmeldung (Ton/Licht) 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfache Rückmeldung (Ton/Licht) 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme
6c	Keine App für Förderung prozessbezogener Kompetenzen, ggf. App Conni.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine Eignung für prozessbezogene Kompetenzen 		
6d	Digitale Medien faszinierend und ermöglichen neue Erfahrung.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neue Erfahrungen 		
6e	Für Aufbau von Grundvorstellungen nützt App Rechenfeld und Rechendreieck, App Conni als Spiel nutzen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau Grundvorstellungen 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau Grundvorstellungen 	Produktives Üben

6f	Reizüberflutung vermeiden, interessantere Gestaltung von Apps, vorgegebene Antwortmöglichkeiten.	▪ Optimierung des Designs		
7a	Beste Gestaltung/Aufbau bei App Conni.	▪ Aufbau	Intuitive Bedienung ▪ Aufbau	Multimediale Darstellungsformen
7b	Viele Apps zu viel, zu bunt, zu laut – ohne Kopfhörer im Unterricht problematisch.	▪ Anzahl auditiver, visueller Effekte	Sounds und Animationen ▪ Fachunspezifische Elemente	Multimediale Darstellungsformen
7c	Mit Begleitung und zusätzlichem Material eignet sich Rechendreieck für prozessbezogene Kompetenzen, restlichen Apps dafür ungeeignet.	▪ Einsatz Apps mit Begleitung und Material für prozessbezogene Kompetenzen	Implizite Bezüge ▪ Impulse durch Lehrkraft	Prozessbezogene Kompetenzen
7d	Digitale Apps ermöglichen Motivation und spielerischen Zugang.	▪ Spielerischer Zugang	Zugang mathematischer Inhalte ▪ Spielerischer Zugang	App-Bedienung
7d	Unmittelbare Selbstkontrolle möglich.	▪ Feedback ohne Zeitverzögerung	Informative Rückmeldung ▪ unmittelbare Rückmeldung nach Bearbeitung	Mathematikdidaktische Potenziale
7e	Nein, für Phasen des Übens Austausch in Sozialformen grundlegend, Apps bieten hier keinen Vorteil gegenüber analogem Material.	▪ Auf analoge Weise, Austausch in Sozialformen		
7f	Stärkerer Fokus auf mathematische Inhalte.	▪ Fokus auf mathematische Inhalte		
7f	Anpassung von Anforderungen.	▪ Anpassung Anforderungen	Differenzierung ▪ Mathematische Konfigurationen	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
7f	Erklärungen und Hilfestellungen.	▪ Erklärungen	Informative Rückmeldung ▪ Konstruktive und prozessorientierte Hinweise	Mathematikdidaktische Potenziale
8a	Negativer Eindruck App Rechendreieck und Rechenfeld, nicht verstanden und kein Vorteil erkannt	▪ Unverständlicher Eindruck von Apps	Intuitive Bedienung	App-Bedienung
8b	Digitale enaktive Materialien (Rechenfeld, Rechendreieck) bieten keinen Vorteil gegenüber analogen Materialien, Gestaltung bedenklich.	▪ Enaktive Materialien wie analoge Materialien	Aufgabenformat ▪ Digitalisierung analoger Materialien	Produktives Üben
8b	Zu viele Sounds störend für Konzentration und Lernatmosphäre – nur mit Kopfhörern möglich.	▪ Sounds stören Konzentration	Sounds und Animationen ▪ Fachunspezifische Elemente	Multimediale Darstellungsformen
8b	Animationen regen Lernen an, wenn sie optisch und qualitativ ansprechend sind.	▪ Optisch und qualitativ ansprechende Elemente	Sounds und Animationen	Multimediale Darstellungsformen

			<ul style="list-style-type: none"> Elemente verbunden mit Funktion 	
8c	Digitales <i>Darstellen</i> in Apps möglich, unterschiedliche Sozialformen für prozessbezogenen Kompetenzen <i>Kommunizieren</i> und <i>Argumentieren</i> nötig, <i>Problemlösen</i> und <i>Modellieren</i> durch die App Conni möglich.	<ul style="list-style-type: none"> Prozessbezogene Kompetenzen durch Sozialformen 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> Einsatz in Sozialformen 	Prozessbezogene Kompetenzen
8c	Apps vorwiegend digitale Versionen analoger Unterrichtsmittel.	<ul style="list-style-type: none"> Abbild analoger Materialien bedenklich 		
8d	Durch Tablets Förderung mathematischer Inhalte außerhalb Schule, Apps als Ergänzung und Vertiefung.	<ul style="list-style-type: none"> Außerschulisches Lernen Dienen Ergänzung und Vertiefung 		
8e	App Einspluseins in Phase eins und zwei des Übens, da Verknüpfung von symbolischer mit ikonischer Darstellung und damit gleichzeitige Betrachtung von Zehner- und Hunderterfeld.	<ul style="list-style-type: none"> Darbietung strukturierter Objekte 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Gestützte Aufgaben 	Produktives Üben
8e	Apps Conni und Mathe Lite Integration in Phase vier, da Abfrage und Überprüfung von Wissen.	<ul style="list-style-type: none"> Überprüfung von Wissen 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Sicherung und Geläufigkeit 	Produktives Üben
8f	Zu viele Sounds lenken ab.	<ul style="list-style-type: none"> Ablenkende Sounds 		
8f	Durchdachtes oberflächliches Design bei App Conni.	<ul style="list-style-type: none"> durchdachtes Design 		
8f	Mathematischer Inhalt von App Mathe Lite nicht abgestimmt auf Jahrgangsstufe.	<ul style="list-style-type: none"> Abstimmung mathematischer Inhalte mit Jahrgangsstufe 	Curriculare Abstimmung <ul style="list-style-type: none"> Angepasste inhaltsbezogene Kompetenzen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Klassenstufe
8f	Mehr verbale Erklärungen für leistungsschwächere Leser und Lerner.	<ul style="list-style-type: none"> Integration von mehr verbalen Erklärungen 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> Auditive Rückmeldung durch Erklärungen 	Mathematikdidaktische Potenziale
8f	Reduktion visueller und auditiver Elemente für angenehme Lernatmosphäre im Klassenzimmer.	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion visueller und auditiver Elemente 		
8f	Einsatz App Einspluseins in Partnerarbeit möglich.	<ul style="list-style-type: none"> Arbeit in Sozialform 		
8f	App Rechenfeld und Rechendreieck als Visualisierung für leistungsschwächere Kinder, aber kein Vorteil gegenüber analogem Material.	<ul style="list-style-type: none"> Digitale Visualisierung von analogen Materialien 	Funktion von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Digitalisierung analoger Materialien 	Produktives Üben
9a	Spielerischer Zugang zu mathematischen Inhalten bei App Conni, Mathe Lite und Mathe Land, Anregung von Motivation.	<ul style="list-style-type: none"> Spielerischer Zugang 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> Spielerischer Zugang 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> App-Bedienung

9b	Belohnungsmechanismen, Sounds und Animationen wecken Interesse, Motivation durch Erreichen eines Ziels.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erreichen eines Ziels 	Belohnungssysteme <ul style="list-style-type: none"> ▪ Freischaltungen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Multimediale Darstellungsformen
9c	Förderung <i>Problemlösen</i> , <i>Darstellen</i> und <i>Kommunikation</i> durch App Einspluseins, Rechendreieck und Rechenfeld, verschiedene Darstellungsebenen fördern prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> , mit ikonischen Darstellungen und verbalen Erklärungen kann die <i>Problemlösung</i> unterstützt werden.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschiedene Darstellungsebenen und auditive Erklärungen unterstützen prozessbezogene Kompetenzen 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integrierte Unterstützungsmechanismen (Darstellungsebenen, auditive Erklärungen) 	Prozessbezogene Kompetenzen
9c	Förderung <i>Problemlösen</i> , <i>Darstellen</i> und <i>Kommunikation</i> durch App Einspluseins, Rechendreieck und Rechenfeld, verschiedene Darstellungsebenen fördern prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> , mit ikonischen Darstellungen und verbalen Erklärungen kann die <i>Problemlösung</i> unterstützt werden.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschiedene Darstellungsebenen vorhanden 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestützte Aufgaben 	Produktives Üben
9d	Vielfältige Einsatzmöglichkeiten von Apps, unterschiedliche Zugänge - spielerischer oder rein mathematischer Zugang.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterschiedliche Zugänge zu mathematischen Inhalten 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Spielerischer Zugang ▪ Mathematischer Zugang 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ App-Bedienung
9e	Einsatz Rechendreieck für Eröffnung des Themas in Phase eins des Übens.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterrichtseinstieg 		
9f	Apps enthalten gute Basis, spielerisches und interessantes Design wird bevorzugt.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spielerisches Design für Motivation 		
10a	Erklärungen in leichter Sprache, wie App Conni zu bedienen ist.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kindgerechte Erklärung über Bedienung 	Intuitive Bedienung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Navigationselemente 	App-Bedienung
10a	Es geht um das Benennen einer richtigen Lösung und nicht um einen Verständnisaufbau.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fokus auf Benennen richtiger Lösung 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formal-unstrukturierte Aufgaben 	Produktives Üben
10a	Fehlen von aufeinander aufbauenden Aufgaben.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlen von Aufgaben mit Strukturzusammenhang 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Strukturierte Aufgaben 	Produktives Üben
10a	Übersichtliches Design bei Rechendreieck, aber optische Gestaltung trist und demotivierend mit zwei Darstellungsebenen (Zahlen und Plättchen)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übersichtliches Design, aber trist mit nur zwei Darstellungsebenen 	Intuitive Bedienung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau Optische Gestaltung	Multimediale Darstellungsformen

10a	Darstellungswechsel möglich durch auditive Elemente, und symbolische und ikonische Darstellungen.	<ul style="list-style-type: none"> Intermodaler Transfer durch auditive Elemente und verschiedenen Darstellungsebenen 	Synchronität und Vernetzung von Darstellungen <ul style="list-style-type: none"> Unterstützungselemente für intermodalen Transfer 	Mathematikdidaktische Potenziale
10a	Zusammenhang von Darstellungsebenen durch abgestimmte farbliche Markierungen.	<ul style="list-style-type: none"> farbliche Unterstützung für intermodalen Transfer 	Synchronität und Vernetzung von Darstellungen <ul style="list-style-type: none"> Unterstützungselemente für intermodalen Transfer 	Mathematikdidaktische Potenziale
10a	Keine Erklärungen für Lösen von Aufgaben bedenklich.	<ul style="list-style-type: none"> Anleitung über Bedienung 	Intuitive Bedienung <ul style="list-style-type: none"> Navigationselemente 	App-Bedienung
10a	Mehrere Spielaccounts bei Mathe Lite möglich, Speicherung des Punktestandes.	<ul style="list-style-type: none"> Anlegung Accounts Speicherfunktion 	Dokumentation von Bearbeitungen <ul style="list-style-type: none"> Speicherfunktion Spielaccounts 	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
10a	Bedenklich sind Werbeanzeigen.	<ul style="list-style-type: none"> Werbeanzeigen 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> Werbeanzeigen 	Multimediale Darstellungsformen
10a	Keine Vorlesefunktion vorhanden.	<ul style="list-style-type: none"> Vorlesefunktion 	Verlagerung kognitiver Beanspruchung <ul style="list-style-type: none"> Auditive Unterstützung 	Mathematikdidaktische Potenziale
10a	Aufgaben nicht selbsterklärend und intuitiv lösbar.	<ul style="list-style-type: none"> Aufgaben nicht intuitiv lösbar 	Intuitive Bedienung	App-Bedienung
10a	Farbliche Gestaltung der App Mathe Lite unvorteilhaft.	<ul style="list-style-type: none"> Farbliche Gestaltung 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> Farbliche Gestaltung 	Multimediale Darstellungsformen
10a	Ansprechender spielerischer Zugang in App Mathe Land, aber zu wenig mathematische Aufgaben.	<ul style="list-style-type: none"> Zu wenig mathematische Aufgaben 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> Anzahl und Dauer mathematischer Inhalte 	App-Bedienung
10a	Belohnung in Form des Erreichens einer nächsten Stufe gut.	<ul style="list-style-type: none"> Belohnung in Form von Freischaltungen 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Freischaltungen (nächste Übung) 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
10a	Erklärungen und Vorlesefunktion der Aufgaben bei Rechenfeld vorhanden.	<ul style="list-style-type: none"> Auditive Unterstützung 		
10a	Möglichkeit eine verschiedene Anzahl an Plättchen per Klick hinzuzufügen oder zu wenden gut für Förderung des Operationsverständnisses.	<ul style="list-style-type: none"> Veränderung einer Darstellung durch Drücken einer Schaltfläche 	Passung zwischen Handlung und mentaler Operation <ul style="list-style-type: none"> Schaltfläche für gleichzeitiges Bewegen mehrerer Objekte 	Mathematikdidaktische Potenziale
10a	Impulse und Begleitaufgaben für die Nutzung der App nötig.	<ul style="list-style-type: none"> Lehrkraft als Begleitperson 		

10b	App Conni: Belohnung in Form von akustischem Lob nach jeder richtigen Lösung, wertschätzende Rückmeldung nach falscher Lösung.	<ul style="list-style-type: none"> Nach jeder Lösung akustisches Lob 	Zeitpunkt der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Nach jeder Lösung Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Einfache Belohnung (Licht/Ton) 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
10b	Eintausch von gesammelten virtuellen Einheiten gegen eine Belohnung (z. B. Minispiel) stellt gutes Belohnungsmechanismus dar.	<ul style="list-style-type: none"> Belohnung durch Eintausch von gesammelten Elementen 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Freischaltungen (Minispiel) 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
10b	App Rechendreieck und Rechenfeld: keine Belohnungsmechanismen und Sounds demotivieren.	<ul style="list-style-type: none"> Keine Belohnung demotiviert 		
10b	App Einspluseins: Feedback durch Aufblinken eines grünen Feldes nicht ausreichend.	<ul style="list-style-type: none"> Belohnung durch einfache visuelle Rückmeldung 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Einfache Belohnung (Licht/Ton) 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
10b	Anstieg der Prozentzahl zu langsam – führt zu Frustration.	<ul style="list-style-type: none"> Späte Belohnung demotiviert 	Zeitpunkt der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Nach Aufgabensatz 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
10b	Belohnung in Form Prozentangabe unverständlich für die Jahrgangsstufe.	<ul style="list-style-type: none"> Abstimmung Belohnung auf Jahrgangsstufe 	Gestaltung der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Altersgerechte Abstimmung 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
10b	App Mathe Lite: nach jeder richtigen Lösung akustisches Lob und Sammeln von virtuellen Elementen gut.	<ul style="list-style-type: none"> Belohnung durch virtuelle Elemente nach jeder richtigen Lösung. 	Zeitpunkt der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Nach jeder Lösung Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Einfache Belohnung (Licht/Ton) Sammlung virtueller Elemente 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
10b	App Mathe Land: spielerischer Charakter durch Level und fantasievolle Gestaltung motivierend.	<ul style="list-style-type: none"> Spielcharakter durch Level und Gestaltung 		
10b	Passende Belohnungsmechanismen zur thematischen Aufbereitung der App.	<ul style="list-style-type: none"> Abstimmung Belohnung auf thematische Aufbereitung 	Gestaltung der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> Thematische Abstimmung 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> Belohnungssysteme
10c	Automatisieren von Rechenaufgaben durch App Conni.	<ul style="list-style-type: none"> Rechenaufgaben für Automatisierung 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Sicherung und Geläufigkeit 	Produktives Üben
10c	App Rechendreieck für <i>Problemlösen</i> , da Fokus auf Veränderungen und Zusammenhängen und überlassen des Ausrechnens von Aufgaben der Software.	<ul style="list-style-type: none"> Fokus auf Veränderungen und Zusammenhängen für <i>Problemlösen</i> 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> Integrierte Unterstützungsmechanismen (Darstellungsebenen) 	Prozessbezogene Kompetenzen
10c	App Rechendreieck für <i>Problemlösen</i> , da Fokus auf Veränderungen und Zusammenhängen und	<ul style="list-style-type: none"> Übernahme von Kalkülen Rechenprozessen 	Verlagerung kognitiver Beanspruchung	Mathematikdidaktische Potenziale

	überlassen des Ausrechnens von Aufgaben der Software.		<ul style="list-style-type: none"> Übernahme von Kalkülen Rechenprozessen 	
10c	Für Förderung zusätzlicher prozessbezogener Kompetenzen Zusatzaufgaben Lehrkraft notwendig, <i>Kommunizieren</i> durch Sozialformen möglich.	<ul style="list-style-type: none"> Zusatzaufgaben von Lehrkraft Einsatz in Sozialformen 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> Impulse durch Lehrkraft Einsatz in Sozialformen 	Prozessbezogene Kompetenzen
10c	Förderung prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> durch App Einspluseins, aufgrund Visualisierung verschiedener Darstellungsebenen.	<ul style="list-style-type: none"> Unterschiedliche Darstellungsebenen 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> Integrierte Unterstützungsmechanismen (Darstellungsebenen) 	Prozessbezogene Kompetenzen
10d	Individuelles Feedback und Hilfen, angepasst auf Rechenwege und Fehlerarten, ermöglicht selbstständiges Arbeiten, ohne Einschreiten der Lehrkraft.	<ul style="list-style-type: none"> Selbstständiges Arbeiten durch konstruktive und prozessorientierte Hinweise 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> Konstruktive und prozessorientierte Hinweise 	Mathematikdidaktische Potenziale
10d	Differenzierte Aufgaben (durch verschiedene Apps, Aufgabenformate und Einstellung des Zahlenraums), Differenzierung von Leistungsständen weniger offensichtlich als durch analoge Verfahren.	<ul style="list-style-type: none"> Differenzierungsmöglichkeiten durch Zahlenräume, Aufgabenformate, Apps 	Differenzierung <ul style="list-style-type: none"> Mathematische Konfigurationen 	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
10e	App Rechendreieck und Rechenfeld als Begleitung für die ersten drei Phasen des Übens unter Zuhilfenahme von Zusatzaufgaben.	<ul style="list-style-type: none"> Zusatzaufgaben von Lehrkraft 	Nutzungsbedingungen <ul style="list-style-type: none"> Begleitende Aufgaben durch Lehrkraft 	Produktives Üben
10e	Einsatz Einspluseins in erster Phase für Aufbau der Grundvorstellung Vereinigung, nicht alle Grundvorstellungen der Grundrechenarten werden abgedeckt.	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau von Grundvorstellungen 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Aufbau Grundvorstellungen 	Produktives Üben
10e	Geeignet für zweite Phase, da Verknüpfung von symbolischer mit ikonischer Darstellung.	<ul style="list-style-type: none"> Vernetzung von Darstellungsebenen 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Gestützte Aufgaben 	Produktives Üben
10e	Geeignet für vierte Phase für Sicherung der Grundrechenarten.	<ul style="list-style-type: none"> Sicherung von Wissen 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Sicherung und Geläufigkeit 	Produktives Üben
10e	Rechenfeld unterstützt Aufbau eines dezimalen Stellenwertsystems und Bündelungsverständnis durch Fokus auf Operation und nicht Ergebnis.	<ul style="list-style-type: none"> Mathematisches Verständnis durch operative Zusammenhänge 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> Entdeckendes Lernen 	Produktives Üben
10f	Bei Apps mit vorgegebenen Aufgaben extra Modus mit aktiven Rechenaufgaben integrieren.	<ul style="list-style-type: none"> Anbietung verschiedener Aufgabenformate 	Aufgabenformate <ul style="list-style-type: none"> Integration verschiedener Aufgabenformate 	Produktives Üben
10f	Integration von auditiven und visuellen Hinweisen und Feedback.	<ul style="list-style-type: none"> Auditive und visuelle Belohnungen und Feedback 		

10f	Bei Einspluseins Belohnung nach weniger zu lösenden Aufgaben.	▪ Belohnung nach kurzen Übungseinheiten		
10f	Mehr visuelles und konstruktives Feedback.	▪ Visuelles und konstruktives Feedback		
10f	Übersichtlicheren Überblick über die möglichen Funktionen bei App Rechenfeld.	▪ Überblick über Funktionen	Intuitive Bedienung ▪ Aufbau	App-Bedienung
11a	Spielerische Lernumgebung und ansprechende visuelle und mathematische Gestaltung bei App Conni.	▪ Spielerischer Zugang	Optisches Design ▪ Einkleidungen von Aufgaben	Multimediale Darstellungsformen
11a	Zu viele unübersichtliche Funktionen	▪ Unübersichtliche Funktionen	Intuitive Bedienung ▪ Aufbau	App-Bedienung
11a	Negativ: Keine Berechnung von Aufgaben bei App Rechenfeld.	▪ Keine Berechnung von Aufgaben	Aufgabenformat ▪ Berechnung von Aufgaben	Produktives Üben
11b	Mittelmaß an Belohnungsmechanismen bei Conni gut.	▪ Maß an Belohnungen	Anzahl und Variation von Belohnungen ▪ Menge an Belohnungen	Oberflächenmerkmale ▪ Belohnungssysteme
11b	Mittelmaß an Sounds und Animationen gut.	▪ Maß an Sounds und Animationen	Sounds und Animationen ▪ Fachunspezifische Elemente	Multimediale Darstellungsformen
11c	Förderung prozessbezogener Kompetenzen nicht möglich.	▪ Keine prozessbezogenen Kompetenzen		
11d	Bedienen von Tablets motiviert.	▪ Tablets motivieren		
11e	Einsatz Conni App in vierter Phase, da Spielcharakter motiviert Beschäftigung mit Mathematik.	▪ Durch Spielen Mathe lernen		
11f	App Rechenfeld: Interessantere Gestaltung, übersichtliche Funktionen.	▪ Interessantes Design mit übersichtlichen Funktionen		
11f	Möglichkeit der Berechnung von Aufgaben.	▪ Berechnung von Aufgaben	Aufgabenformat ▪ Berechnung von Aufgaben	Produktives Üben
12a	Vorlesefunktion.	▪ Vorlesefunktion	Verlagerung kognitiver Beanspruchung ▪ Auditive Unterstützung	Mathematikdidaktische Potenziale
12a	Weiterführende Hinweise bei falscher Lösung positiv.	▪ Konstruktives Feedback	Informative Rückmeldung ▪ Konstruktive und prozessorientierte Hinweise	Mathematikdidaktische Potenziale
12a	Fehlende Erklärungen und Hinweise über Bedienung der Apps negativ	▪ Anleitung über Bedienung	Intuitive Bedienung ▪ Navigationselemente	App-Bedienung

12b	App Mathe Lite: Belohnung in Form eines Tons eintönig und nicht individuell.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfache Rückmeldung durch Ton 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfache Belohnung (Ton/Licht) 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme
12b	Mathe Land: zu viel Spaß und zu wenig Rechnen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zu wenig rechnen 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzahl und Dauer mathematischer Inhalte 	App-Bedienung
12b	App Rechendreieck: mehr Sounds und Animationen für Motivation.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration von Sounds und Animationen 	Sounds und Animationen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fachspezifische Elemente 	Multimediale Darstellungsformen
12c	Kein Aufbau prozessbezogener Kompetenzen möglich, weil Fokus auf Ausrechnungen von Aufgaben.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fokus auf Ausrechnung von Aufgaben statt prozessbezogener Kompetenzen 	Expliziter Bezug <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgabenstellung 	Prozessbezogene Kompetenzen
12d	Motivation durch Bedienen von Tablets. Optische Gestaltung von mathematischen Aufgaben weckt Interesse an Mathematik.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optische Gestaltung mathematischer Aufgaben 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einkleidung von Aufgaben 	Multimediale Darstellungsformen
12e	Einsatz Conni für vierte Phase, Automatisierung von Rechenaufgaben. Mathe Land als Belohnung für Kinder.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automatisierung von Rechenaufgaben 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicherung und Geläufigkeit 	Produktives Üben
12f	Selbstständiges Arbeiten durch Erklärungen, Hinweise und Feedback.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selbstständiges Arbeiten durch Erklärungen, Hinweise, Feedback 		
13a	Bei Einspluseins unterschiedliche Darstellungen (wie symbolisch und ikonisch).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Symbolisch und ikonische Darstellungen 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestützte Aufgaben 	Produktives Üben
13a	Erklärung des Zusammenhangs der Darstellungen auf visueller und verbaler Ebene wünschenswert.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbale / visuelle Erklärung zum Zusammenhang der Darstellungsebenen 	Synchronität und Vernetzungen von Darstellungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterstützungselemente für intermodalen Transfer 	Mathematikdidaktische Potenziale
13a	Bedenklich reines Ausrechnen von Aufgaben bei Mathe Land und Mathe Lite, weil kein Verständnisaufbau.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausrechnen von Aufgaben 	Arten von Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formal-unstrukturierte Aufgaben 	Produktives Üben
13a	Finden der Lösung durch zufälliges Herumklicken bedenklich.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lösungsfindung durch Zufall 		
13a	Mathe Lite: Optische Gestaltung sollte thematisch Sinn ergeben.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchgehende thematisch-sinnergebene Gestaltung 	Optisches Design <ul style="list-style-type: none"> ▪ Thematische Abstimmung 	Multimediale Darstellungsformen
13b	Verwirrende und unverständliche Belohnung bei Einspluseins.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unverständliche Belohnung 	Gestaltung der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Altersgerechte Abstimmung 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme

13b	Zeitlicher Einsatz (nach der Lösung einer Aufgabe) von Belohnungen, Sounds und Animationen bei Conni gut – stören nicht die Konzentration beim Lösen einer Aufgabe.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeitlicher Einsatz von Belohnung, Sounds, Animationen nach Lösung einer Aufgabe 	Zeitpunkt der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nach jeder Lösung 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme
13c	Zusatzaufgaben durch Lehrkraft für Förderung prozessbezogener Kompetenzen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusatzaufgaben Lehrkraft 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> ▪ Impulse durch Lehrkraft 	Prozessbezogene Kompetenzen
13c	Apps beziehen sich mehr auf reine Ausrechnung von Aufgaben oder veranschaulichen Aufgaben durch verschiedene Darstellungsebenen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgaben beziehen sich auf Kalküle Rechenaufgaben/ Veranschaulichung Darstellungsebenen 	Expliziter Bezug <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgabenstellung 	Prozessbezogene Kompetenzen
13d	Exakte Anordnung der Plättchen auf einem analogen Rechenfeld bei machen Kindern problematisch aufgrund fehlender feinmotorischer Fähigkeiten, App Rechenfeld bietet Unterstützung, da nur die passenden Symbole angeklickt werden müssen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exakte Anordnung von Plättchen durch Klicken auf Symbol 	Strukturierungshilfen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exakte Positionierung per Knopfdruck 	Mathematikdidaktische Potenziale
13d	Keine vielfache Ausführung an Materialien nötig.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unbegrenzte Verfügung Material 	Unbegrenzter Vorrat an Material und Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration analoger Materialien 	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
13d	Neue Perspektive auf mathematische Inhalte (5er-Bündelung und 10er Struktur) bei Rechenfeld, durch zeitgleiches Bewegen mehrerer Plättchen durch Anklicken des passenden Symbols.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeitgleiches Bewegen mehrerer Objekte durch Anklicken entsprechender Schaltfläche 	Passung zwischen Handlung und mentaler Operation <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schaltfläche für gleichzeitiges Bewegen mehrerer Objekte 	Mathematikdidaktische Potenziale
13e	App Mathe Lite erzeugt Unklarheiten - durch selbsterklärende Apps Vermeidung von Unklarheiten.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selbsterklärende Apps 	Intuitive Bedienung	App-Bedienung
13e	Arbeitsaufträge von Lehrkraft nötig für Einsatz App Rechenfeld in den ersten drei Phasen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusatzaufgaben Lehrkraft 	Nutzungsbedingungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Begleitende Aufgaben durch Lehrkraft 	Produktives Üben
13e	Einsatz von Einspluseins in vierter Phase für Sicherung Addition und Subtraktion.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicherung Grundrechenarten 	Funktion der Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicherung und Geläufigkeit 	Produktives Üben
13f	Optisch ansprechende Gestaltung nicht ausreichend für Lernen von Mathematik.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mathematiklernen nicht möglich 		
13f	Unterschiedliche Aufgabenformate in Apps wichtig, die mathematisches Verständnis aufbauen, prozessbezogene Kompetenzen fördern.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterschiedliche Aufgabenformate für Verständnisaufbau 	Aufgabenformate <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration verschiedener Aufgabenformate 	Produktives Üben

14a	Positiv: Selbstkontrolle und Belohnung.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selbstkontrolle und Belohnung 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unmittelbare Rückmeldung nach Bearbeitung 	Mathematikdidaktische Potenziale
14a	Differenzierungsmöglichkeiten durch Darbietung oder Weglassen ikonischer Veranschaulichungen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Differenzierung durch unterschiedliche Veranschaulichungen 	Differenzierung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mathematische Konfigurationen 	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
14a	Selbstkontrolle des eigenen Fortschritts.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzeige über Fortschritt 		
14a	Negativ: Möglichkeit der Freischaltung aller Aufgaben bei Conni.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Freischaltung aller Aufgaben 	Direkte Aufgabenfreischaltung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Direkte Freischaltung aller Aufgaben 	App-Bedienung
14a	Keine verbale Unterstützung bei Mathe Lite.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbale Unterstützung 	Verlagerung kognitiver Beanspruchung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Auditive Unterstützung 	Mathematikdidaktische Potenziale
14a	Wenig Bezug zur Mathematik bei Mathe Land, Rechnen geschieht nebenbei.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bezug zur Mathematik 	Zugang mathematischer Inhalte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Spielerischer Zugang 	App-Bedienung
14b	App Conni: gute Belohnungssysteme.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gute Belohnungssysteme 		
14b	Motivierende und sinnvolle Sounds, die Auskunft über Richtigkeit von Lösung geben.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sinnvolle Sounds, die Auskunft über Richtigkeit von Lösung geben 	Sounds und Animationen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elemente verbunden mit Funktion 	Multimediale Darstellungsformen
14c	Prozessbezogene Kompetenz <i>Darstellen</i> durch Rechendreieck, alle Kompetenzen möglich bei allen Apps durch Anschlusskommunikation, -handlung.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozessbezogene Kompetenzen durch Zusatzaufgaben 	Implizite Bezüge <ul style="list-style-type: none"> ▪ Impulse durch Lehrkraft 	Prozessbezogene Kompetenzen
14d	Selbstständiges individuelles Lernen unabhängig von Lehrkraft durch unmittelbare Rückmeldungen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unmittelbare Rückmeldung 	Informative Rückmeldung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unmittelbare Rückmeldung nach Bearbeitung 	Mathematikdidaktische Potenziale
14e	Einordnung vieler Apps in Phase vier des Übens: durch viele Wiederholungen das Gelernte sichern.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicherung durch viele Wiederholungen 	Unbegrenzter Vorrat an Material und Aufgaben <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration vieler Aufgaben 	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
14e	Spielerische Elemente würden bei anderen Phasen vom mathematischen Inhalt ablenken.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spielcharakter überdeckt Mathematik 		
14e	Apps Rechendreieck und Rechenfeld in Phase 2-3, da Fokus auf Mathematik.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fokus auf Mathematik 		
14f	Möglichkeit der Vorlesefunktion sinnvoll, besonders für 1. Klasse.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorlesefunktion 		
14f	Belohnungssysteme, die zusätzliche Spiele ermöglichen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnung durch Eintausch gegen Spiel 	Art der Belohnung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Freischaltungen 	Oberflächenmerkmale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belohnungssysteme

15a	Einfache Strukturierungsmöglichkeit von Darstellungen für gezielte Förderung bei App Rechenfeld	▪ Strukturierungen von Darstellungen	Strukturierungshilfen	Mathematikdidaktische Potenziale
15a	Ansprechende Rahmengeschichten bei Mathe Land.	▪ Thematische Rahmengeschichte	Optisches Design ▪ Einkleidung von Aufgaben	Multimediale Darstellungsformen
15a	Zu viel Musik lenkt ab.	▪ Ablenkung durch Musik	Sounds und Animationen ▪ Fachunspezifische Elemente	Multimediale Darstellungsformen
15b	Digitale Apps motivieren.	▪ Motivation		
15c	Prozessbezogene Kompetenzen <i>Argumentieren</i> und <i>Modellieren</i> durch begleitende Verbalisierung der richtigen Lösung, z. B. in App Conni.	▪ Begleitende Verbalisierung der Lösung durch Software	Implizite Bezüge ▪ Unterstützungsmechanismen	Prozessbezogene Kompetenzen
15d	Entlastung der Lehrkräfte, kein Materialaufwand. Ermöglichen selbstständiges Arbeiten.	▪ Kein Materialaufwand	Unbegrenzter Vorrat an Material und Aufgaben ▪ Integration analoger Materialien	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
15e	Einsatz Apps Rechenfeld, Conni, Einspluseins, Rechendreieck in Phase vier des Übens: für Vertiefung und Übung.	▪ Vertiefung und Übung	Funktion der Aufgaben ▪ Sicherung und Geläufigkeit	Produktives Üben
15f	Weniger Musik, weniger Farben.	▪ Weniger Musik und Farben	Sounds und Animationen ▪ Fachunspezifische Elemente Optisches Design ▪ Farbliche Gestaltung	Multimediale Darstellungsformen
16a	Optisch ansprechende und motivierende Gestaltung App Conni, spielerische Gestaltung der Matheaufgaben.	▪ Optisch motivierendes Design inkl. Kontexteinkleidungen	Optisches Design ▪ Einkleidungen von Aufgaben	Multimediale Darstellungsformen
16d	Möglichkeit der Gestaltung eines abwechslungsreichen Mathematikunterrichts,	▪ Einsatz Apps bringt Abwechslung		
16d	Einbezug Interessenwelt der Kinder.	▪ Einbezug Interessenwelt		
16d	Arbeit im eigenen Tempo möglich.	▪ Arbeitsgeschwindigkeit	Differenzierung ▪ Arbeitsgeschwindigkeit	Unterrichtsorganisatorische Potenziale
16d	Verfügbarkeit von Erklärungen.	▪ Erklärungen	Informative Rückmeldung ▪ Konstruktive und prozessorientierte Hinweise	Mathematikdidaktische Potenziale
16d	Hausaufgaben via Tablet motivierender und abwechslungsreich.	▪ Einsatz Apps bringt Abwechslung		

Anhang 2.3: Tabellarische Übersicht des Kategoriensystems

Oberflächenmerkmale	
Dimension	Kategorie mit Ausprägungen
App-Bedienung	<p>Intuitive Bedienung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau ▪ Navigationselemente <p>Zugang mathematischer Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mathematischer Zugang ▪ Spielerischer Zugang ▪ Anzahl und Dauer mathematischer Inhalte
Multimediale Darstellungsformen	<p>Optisches Design:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Farbliche Gestaltung ▪ Verwendung mathematischer Symbole ▪ Einkleidung von Aufgaben ▪ Thematische Abstimmung ▪ Werbeanzeigen <p>Sprache:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verständlichkeit ▪ Klangqualität <p>Sounds und Animationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fachspezifische Elemente ▪ Fachunspezifische Elemente ▪ Elemente verbunden mit Funktion
Klassenstufe	<p>Curriculare Abstimmung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ angepasste inhaltsbezogene Kompetenzen <p>Aufgabenniveau:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ angepasstes Niveau der Aufgaben
Belohnungssysteme	<p>Art der Belohnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sammlung virtueller Elemente ▪ Freischaltungen (Level, nächste Übung, Minispiel) ▪ Einfache Belohnung (Ton/Licht) <p>Zeitpunkt der Belohnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nach Aufgabensatz ▪ Nach jeder Lösung ▪ Nach täglicher Anwendung <p>Anzahl und Variation von Belohnungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzahl verschiedener Mechanismen ▪ Menge an Belohnungen <p>Gestaltung der Belohnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Altersgerechte Abstimmung ▪ Thematische Abstimmung

Mathematikdidaktische Potenziale	
Kategorie	Ausprägungen
Informative Rückmeldung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rückmeldung nach Anforderung ▪ Unmittelbare Rückmeldung nach Bearbeitung ▪ Produktorientierte Hinweise ▪ Konstruktive & prozessorientierte Hinweise ▪ Visuelle Rückmeldung durch Darstellungen ▪ Auditive Rückmeldung durch Erklärungen
Synchronität und Vernetzung von Darstellungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeitgleiches Darstellen und Verändern ▪ Unterstützungselemente für intermodalen Transfer (auditive Erklärungen, farbliche Markierungen)
Verlagerung kognitiver Beanspruchung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übernahme von Kalkülen Rechenprozessen ▪ Auditive Unterstützung
Strukturierungshilfen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umordnung geordneter Darstellung ▪ Automatische Strukturierung ▪ Exakte Positionierung per Knopfdruck
Passung zwischen Handlung und mentaler Operation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schaltfläche für gleichzeitiges Bewegen mehrerer Objekte

Unterrichtsorganisatorische Potenziale	
Kategorie	Ausprägungen
Dokumentation von Bearbeitungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Speicherfunktion ▪ Anlegung von Spielaccounts
Unbegrenzter Vorrat an Material und Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration analoger Materialien ▪ Integration vieler Aufgaben
Differenzierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mathematische Konfigurationen (Zahlenraum, Darstellungsebenen, Aufgabenformate) ▪ Arbeitsgeschwindigkeit

Prozessbezogene Kompetenzen	
Kategorie	Ausprägungen
Explizite Bezüge	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgabenstellung
Implizite Bezüge	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impulse durch Lehrkraft ▪ Einsatz in Sozialformen ▪ Integrierte Unterstützungsmechanismen

Produktives Üben	
Kategorie	Ausprägungen
Aufgabenformate	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berechnung von Aufgaben ▪ Kreation eigener Aufgaben ▪ Digitalisierung analoger Materialien ▪ Integration verschiedener Aufgabenformate
Arten von Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestützte Aufgaben ▪ Strukturierte Aufgaben ▪ Formal-unstrukturierte Aufgaben
Funktion von Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau von Grundvorstellungen ▪ Entdeckendes Lernen ▪ Einsichten in Strukturen und Beziehungen ▪ Sicherung und Geläufigkeit
Nutzungsbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anschluss an ActivePanel ▪ Begleitende Aufgaben durch Lehrkraft

Anhang 3: Kriterienkatalog auf Basis der Kategorien

Wesentliche Gestaltungsmerkmale von Apps für die Nutzung im Grundschulunterricht aus Lehrer*innenperspektive	
Kriterium	Beschreibung
Oberflächenmerkmale	
App-Bedienung	
Intuitive Bedienung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übersichtlicher Aufbau mit überschaubaren Funktionen ▪ Navigationselemente, wie kindgerechte Erklärungen (visuell/auditiv) über die Funktionen
Zugang mathematischer Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mathematischer Zugang mit ausschließlichem Fokus auf Mathematik ▪ Spielerischer Zugang mit außermathematischen Elementen ▪ Integration ausreichender mathematischer Aufgaben
Multimediale Darstellungsformen	
Optisches Design	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierte, eindeutig abgrenzbare Farben ▪ Korrekte Verwendung mathematischer Symbole ▪ Einkleidung von Aufgaben ▪ Thematisch durchgehende Abstimmung der optischen Darbietungen ▪ Keine Integration von Werbeanzeigen
Sprache	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verständliche Stimme, die nicht computergeneriert ist
Sounds und Animationen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung fachunspezifischer Elemente; aber nicht per se schlecht, wenn sie mit einer Funktion verbunden sind ▪ Integration von fachspezifischen Elementen
Belohnungssysteme	
Art der Belohnung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sammlung virtueller Elemente ▪ Einfache Belohnungen in Kombination anderer Mechanismen
Zeitpunkt der Belohnung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nach jeder Lösung ▪ Nach Aufgabensatz, wenn dieser nicht zu groß ist ▪ Nach täglicher (regelmäßiger) Anwendung für kontinuierliches Üben
Anzahl und Variation von Belohnungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration verschiedener Mechanismen, aber trotzdem Mittelmaß an Belohnungen
Gestaltung von Belohnungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altersgerechte und thematische Abstimmung
Klassenstufe	
Curriculare Abstimmung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ angepasste inhaltsbezogene Kompetenzen
Aufgabenniveau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ angepasstes Niveau der jeweiligen Aufgaben
Mathematikdidaktische Potenziale	
Informative Rückmeldung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unmittelbare Rückmeldung oder nach Anforderung (Hilfebutton) ▪ Produktorientierte Hinweise nur in Zusammenhang mit weiterführenden Hinweisen ▪ Konstruktive & prozessorientierte Hinweise ▪ Darbietung der Rückmeldung in visueller (durch Darstellungen) oder auditiver (durch Erklärungen) Form
Synchronität und Vernetzung von Darstellungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeitgleiches Darstellen und Verändern ▪ Unterstützungselemente für intermodalen Transfer (auditive Erklärungen, farbliche Markierungen)
Verlagerung kognitiver Beanspruchung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übernahme von Kalkülen Rechenprozessen ▪ Auditive Unterstützung in Form einer Vorlesefunktion
Strukturierungshilfen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umordnung geordneter Darstellung durch Software oder selbstständiges Umordnen ▪ Exakte Positionierung per Knopfdruck
Passung zwischen Handlung und mentaler Operation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schaltfläche für gleichzeitiges Bewegen mehrerer Objekte

Unterrichtsorganisatorische Potenziale	
Dokumentation von Bearbeitungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Speicherfunktion und Anlegung von Spielaccounts
Unbegrenzter Vorrat an Material und Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration von analogen Materialien und Aufgaben, die unbegrenzt wiederholt werden können
Differenzierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mathematische Konfigurationen (Zahlenraum, Darstellungsebenen) ▪ Apps ohne Zeitlimit für selbstgesteuerte Arbeitsgeschwindigkeit
Prozessbezogene Kompetenzen	
Explizite Bezüge	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konkrete Aufgabenstellung in App, durch die die Kompetenzen gefördert werden können
Implizite Bezüge	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Möglichkeit der Gestaltung von Zusatzaufgaben und Impulsen durch Lehrkraft sowie Einsatz in Sozialformen ▪ Integrierte Unterstützungsmechanismen in Apps (beziehen sich auf mathematikdidaktische Potenziale)
Produktives Üben	
Aufgabenformate	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berechnung von Aufgaben ▪ Kreation eigener Aufgaben ▪ Digitalisierung analoger Materialien ▪ Integration verschiedener Aufgabenformate
Arten von Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestützte und strukturierte Aufgaben
Funktion von Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau von Grundvorstellungen ▪ Entdeckendes Lernen ▪ Einsichten in Strukturen und Beziehungen ▪ Sicherung und Geläufigkeit
Nutzungsbedingung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anschluss an ActivePanel und begleitende Aufgaben durch Lehrkraft nötig für Apps, die analoge Materialien digitalisieren

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

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

DOI: 10.17185/duepublico/79240

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20231113-091426-8

Alle Rechte vorbehalten.