MathendO – Mathematik entdecken – Online.

Ein synchrones digitales Lehr-Lern-Format für Grundschulkinder und Studierende.

*Charlotte Rechtsteiner, Nina Sturm, Jasmin Sprenger, Alexandra Scherrmann und
Claudia Wörn*

Zusammenfassung des Beitrags

Mit den Schulschließungen im März 2020 wurde das schulische und universitäre Lernen auf verschiedenen Ebenen herausgefordert. Empirischen Befunden zufolge wurde schulischer Unterricht häufig durch die Ausgabe von Arbeitsblättern kompensiert. Auf universitärer Seite entfielen unmittelbar jegliche Praxiserprobungen für die Lehramtsstudierenden, da Präsenzunterricht nicht mehr zugänglich war.

Vor diesem Hintergrund wurde das synchrone digitale Lehr-Lern-Format MathendO entwickelt. Grundschulkinder aller Jahrgangsstufen können daran teilnehmen und aktiv Mathematiktreiben¹. Lehramtsstudierende haben im Rahmen von Masterseminaren die Möglichkeit, eigene MathendO-Stunden zu planen, durchzuführen und zu reflektieren sowie ausgewählte MathendO-Videovignetten zu analysieren.

Inhaltlich wurde MathendO unter Berücksichtigung der Kriterien guten Mathematikunterrichts konzipiert mit besonderem Fokus auf der Kognitiven Aktivierung² und Strukturierung. Erste Ergebnisse zeigen, dass in diesem digitalen Format Kinder durchaus kognitiv angeregt werden und mathematische Aushandlungsprozesse interaktiv stattfinden. Für Studierende werden durch MathendO zahlreiche Möglichkeiten der Begleitung und Reflexion von mathematischen Lernprozessen geschaffen, die zuvor in dieser Qualität von Reflexion und Begleitung nicht möglich waren.

Schlüsselbegriffe: Mathematik • digitales Lernen • Kognitive Aktivierung • Interaktion • Lehr-Lern-Labor

¹ Im mathematikdidaktischen Diskurs wird dann vom „Mathematiktreiben“ (u. a. Pilgrim/Nolte/Huhmann 2021) oder vom „Mathematik treiben“ (u. a. Freudenthal 1974, Hußmann/Leuders 2006) gesprochen, wenn eine intensive Auseinandersetzung mit mathematischen Fragestellungen, Strukturen und Zusammenhängen in einem explorierenden und entdeckenden Prozess gemeint ist.

² Analog zu Einsiedler und Hardy (vgl. 2010) schreiben wir Kognitive Aktivierung und Kognitive Strukturierung als Fachbegriff mit groß geschriebenem Adjektiv.

Ausgangssituation

Sowohl im März als auch im Dezember 2020 kam es bedingt durch die Corona-Pandemie deutschlandweit zu Schulschließungen. Der Präsenzunterricht war dadurch zwischenzeitlich vollständig ausgesetzt. Zwischen März und Dezember 2020 gab es immer wieder Phasen des Wechselunterrichts und lediglich kurze Phasen des Präsenzunterrichts, so dass das schulische Arbeiten und Lernen in diesem Zeitraum vorrangig zuhause stattfanden. Die damit verbundenen Herausforderungen wurden von den Schulen unterschiedlich gemeistert (vgl. Deutsches Schulportal 2020a; Köller et al. 2020). Eine Lehrerbefragung im Auftrag der Robert-Bosch-Stiftung deckte im April 2020 auf, dass das Lernen in dieser Zeit schwerpunktmäßig mit Arbeitsblättern erfolgte (vgl. Deutsches Schulportal 2020a; Helm/Huber/Loisinger 2021). Insgesamt gaben 84 % der 1031 befragten Lehrkräfte allgemeinbildender Schulen (davon 247 Grundschullehrkräfte) an, dass sie als Aufgaben- und Unterrichtsformate auf Arbeitsblätter zurückgriffen (Deutsches Schulportal 2020a, S. 17). 79 % der befragten Grundschullehrkräfte stimmten dieser Aussage zu, der prozentuale Anteil bei den Lehrkräften weiterführender Schulen war noch höher (s. ebd.).

Dies kann als ein Indiz dafür angesehen werden, dass repetitive Aufgaben- und Übungsformate im Vordergrund standen, weniger jedoch das Lösen kreativer oder verständnisfördernder Aufgaben (vgl. Heller/Zügel 2020). Die Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen beim Mathematiklernen wurde somit nahezu ausgehebelt (vgl. Millich 2020).

Die Befunde zum Ausmaß des tatsächlich durchgeführten digitalen Unterrichts sind ernüchternd. Nur eine Minderheit der 1031 befragten Lehrkräfte (14 %) gaben im April 2020 an, dass sie in Videokonferenzen mit Kindern arbeiteten (Deutsches Schulportal 2020a, S. 17; Helm/Huber/Loisinger 2021). In der Grundschule führten zu diesem Zeitpunkt 9 % der befragten Lehrkräfte Videokonferenzen durch (s. ebd.). In der Folgebefragung im Dezember 2020 stieg der Anteil insgesamt auf 31 %, für die Grundschulen auf 20 % an (Deutsches Schulportal 2020b). Den kontinuierlichen Kontakt und Austausch mit den Schüler*innen verfolgten nur wenige der befragten Lehrkräfte (Deutsches Schulportal 2020a): Nur circa 30 % der Schüler*innen hatten wöchentlich via Online-Medien Kontakt mit ihrer Lehrkraft und nahmen an Onlineaktivitäten teil. Täglichen Onlinekontakt und Onlineaktivitäten erfuhren dagegen nur knapp 20 % der Schüler*innen (Helm/Huber/Loisinger 2021).

In der universitären Lehrer*innenbildung reduzierten und wandelten sich durch die Corona-Pandemie die Möglichkeiten, Theorie-Praxis-Erfahrungen zu sammeln. Bedingt durch die Schulschließungen bzw. den Wechselunterricht erfolgten die Schulpraktika unter erschwerten Bedingungen, da Unterricht im Klassenverband nahezu ausgehebelt wurde. Es waren alternative Aufgabenformate gefragt. Die zu erbringenden (Ersatz-)Leistungen waren sehr unterschiedlich wie z. B. die Mitarbeit in der Notbetreuung, die Erstellung von Erklärvideos und/oder Unterrichtsmaterialien für Lernpakete (vgl. Immerfall/Traub 2021). Unterrichtserprobungen mit Schüler*innen in den Schulen oder in Lehr-Lern-Laboren in Präsenz entfielen komplett und mussten in andere Formate überführt werden. Zum einen wurden Theorie-Praxis-Erfahrungen durch die Einbindung von Videovignetten aufgefangen, indem ausgewählte Unterrichtssituationen analysiert und reflektiert wurden. Zum anderen wurden Lehr-Lern-Labore in Präsenz

in digitale Lehr-Lern-Labore transformiert, um die Theorie-Praxis-Verknüpfung und damit verbunden den direkten Kontakt und Austausch mit den Kindern aufrecht erhalten zu können (vgl. z. B. Lengnink/Edel 2021; Syskowski 2021).

Auf der Basis dieser neuen Gegebenheiten stellte sich auch für uns die Frage, wie die Qualitätsmerkmale guter Lehr-Lern-Prozesse für Schüler*innen und Studierende auch unter Pandemie-Bedingungen und darüber hinaus in qualitativ hochwertiger Weise initiiert werden können.

Grundschulkinder lernen Mathematik

Lernen wird vor dem Hintergrund des sozialen Konstruktivismus als sozialer Aushandlungsprozess verstanden. Hardy und Kolleg*innen (2011, S. 821) unterscheiden hierbei verschiedene Ebenen: die „gemeinschaftlich-kulturelle“, die „interpersonelle“ sowie die „individuelle Ebene“. Auf der gemeinschaftlich-kulturellen Ebene wird Lernen mit der „zunehmende(n) Einbindung von Lernenden in fachliche Praktiken“ (ebd., S. 821) verbunden. Auf interpersoneller Ebene steht die Bedeutungskonstruktion im Aushandlungsprozess im Mittelpunkt (vgl. u. a. Krummheuer/Brandt 2001). Auf individueller Ebene wird Lernen nach Vygotsky (1978) als die Entwicklung von Verstehen und von Fähigkeiten gesehen, die im sozialen Aushandlungsprozess generiert werden. Demnach kommt dem interaktionalen Aushandlungsprozess eine grundlegende Bedeutung für das Lernen auf den verschiedenen Ebenen zu (vgl. Hardy et al. 2011; Krummheuer 2011). Damit dieser gelingen kann, spielen die Qualität der Unterrichtsgespräche mit Hilfe von Scaffolding-Strategien sowie die Gestaltung kooperativen Lernens eine zentrale Rolle (vgl. Pauli 2006). Als lernförderliche Merkmale für die Gestaltung der Unterrichtsgespräche werden die inhaltliche Weiterentwicklung sowie die Partizipationsstrukturen beschrieben. Unter der inhaltlichen Weiterentwicklung wird verstanden, dass bspw. durch Neustrukturierung, Veranschaulichung oder Zusammenfassung der Inhalte diese besser eingebettet und vertiefend oder in einem breiteren Spektrum dargestellt und erfasst werden. Mit den Partizipationsstrukturen ist bspw. die interaktive Einbindung der Kinder, die Paraphrasierung von Überlegungen durch andere Kinder oder die Lehrkraft sowie die konstruktive Nutzung falscher Lösungsansätze gemeint (vgl. Einsiedler/Hardy 2010; Götze 2007; Pauli 2006). Die Vermittlung zwischen den Inhalten und dem Lernenden bezeichnen Einsiedler und Hardy (2010) als Kognitive Strukturierung und fassen diese als „prozessorientierte Unterstützung individueller Wissenskonstruktion“ auf (ebd., S. 201).

Kinder im Unterricht kognitiv zu aktivieren, stellt ein zentrales Qualitätsmerkmal von Unterricht dar (vgl. Klieme 2019; Praetorius/Charalambous 2018). Dabei ist bedeutsam, zwischen dem Lehr-Lern-Angebot und dessen Nutzung durch die Lernenden zu differenzieren (vgl. Praetorius/Charalambous 2018, S. 546; Praetorius/Rogh/Kleickmann 2020, Tab. 1). Auf Angebotsseite fokussiert die Basisdimension Kognitive Aktivierung auf die Entwicklung prozessbezogener Fähigkeiten, die Betrachtung mathematischer Fragestellungen aus mehreren Perspektiven und die Unterstützung der kognitiven und metakognitiven Aktivitäten der Lernenden (vgl. z. B. Neubrand 2015). Außerdem ist die Vernetzung von Konzepten und Ideen anhand

von substantiellen Lernumgebungen³ zentral für ein tieferes Verständnis (vgl. z. B. Boaler 2003; Reusser/Pauli 2013; Schoenfeld 1983), da substantielle Lernumgebungen „reiche Möglichkeiten für mathematische Aktivitäten von Schüler/-innen bieten“ (Wittmann 1998, S. 337). Dieses Verständnis kann gefördert werden, indem die Lernenden zu einer möglichst tiefen Reflexion und ausführlichen Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand angeregt werden (vgl. Lipowsky 2015). Substantielle Lernumgebungen spielen hierfür auf der Angebotsseite eine zentrale Rolle (vgl. Jordan et al. 2008) ebenso wie auch dialogische Gespräche, kognitiv aktivierende Impulse und Aufforderungen zum Erklären und Argumentieren (vgl. Praetorius/Rogh/Kleickmann 2020; Rechtsteiner-Merz 2013). Bereits Boaler (2003) stellte heraus, dass substantielle Lernumgebungen allein nicht ausreichen, sondern dass darüber hinaus Kriterien wie die Aufgabenbearbeitung, die Lernunterstützung und die Gesprächsführung entscheidend sind. Kognitiv herausfordernde „Lernunterstützung und Unterrichtskommunikation“ (Reusser/Pauli 2013, S. 309) beinhalten u. a. die Anregung des diskursiven Denkens der Schüler*innen im Rahmen herausfordernder Gespräche. Reusser und Pauli (ebd.) konnten zeigen, dass die Qualität der Unterrichtsgespräche neben der didaktischen Qualität der zugrundeliegenden Theorie wesentlich zum Lernerfolg im Sinne einer Verbesserung des Verständnisses beiträgt.

Während nach Einsiedler und Hardy (2010) die Kognitive Strukturierung den „Schwerpunkt auf prozessuale Aspekte der Unterrichtsgestaltung [legt], welche individuell adaptive didaktische Maßnahmen beinhalten“ (S. 200), ist das Konstrukt der Kognitiven Aktivierung eher fachlich und durch die Beschreibung der Lernziele definiert (ebd.). Entsprechend fassen Skalen zur Kognitiven Aktivierung divergente Aspekte wie Aufgabenkultur und Problemlösen, Hausaufgabenstellungen, aber auch Reaktionen auf Fehler sowie das Herausfordern von Begründungen. Einsiedler und Hardy (2010) beschreiben die beiden Konstrukte der Kognitiven Aktivierung und Strukturierung daher als „zwei Perspektiven auf Unterricht“ (ebd., S. 201) mit unterschiedlichen Akzentuierungen und teilweise auch Überlappungen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie Homeschooling und Wechselunterricht gelingen können, so dass vergleichbar zum Präsenzunterricht die zentralen Merkmale guten Unterrichts, wie die Kognitive Aktivierung und Kognitive Strukturierung, erfüllt sind. Wird Unterricht im Homeschooling ausschließlich mit asynchronen Formaten wie Arbeitsblättern und Erklärvideos umgesetzt, dann hat dies den Nachteil, dass die Bündelung der vielfältigen Entdeckungen innerhalb einer Klasse und damit deren Visualisierung, Gegenüberstellung und Strukturierung nicht im Diskurs stattfinden. Auch der mathematische Aushandlungsprozess

³ In der mathematikdidaktischen Diskussion lassen sich verschiedene Bezeichnungen finden wie „gute Aufgabe“ (u. a. Ruwisch/Peter-Koop 2003; Walther 2004), „Offenes Lernangebot“ (u. a. Schütte 2008), „Mathematisch ergiebiges Lernangebot“ (u. a. Rathgeb-Schnierer/Rechtsteiner-Merz 2010), „substantielle Aufgaben“ (u. a. Selzer/Pliquet/Korten 2016), „gute Aufgabenformate“ (u. a. Käpnick 2003), „substantielles Aufgabenformat“ (u. a. Bezold 2010) etc. Alle Bezeichnungen haben unterschiedliche Schwerpunktsetzungen und verschiedene Ausdifferenzierungen, vertreten jedoch vergleichbare Konzepte (vgl. Huhmann/Spiegel 2016). Wir nutzen hier den Begriff der substantiellen Lernumgebungen in Anlehnung an Wittmann (1998, 2001).

mit anderen Kindern und der Lehrperson ist nur sehr eingeschränkt möglich bzw. auf die Notation der eigenen Entdeckungen und Begründungen reduziert und verbleibt damit eindimensional ohne unmittelbare Rückmeldung Dritter. Dies bedeutet, dass die prozessbezogenen Kompetenzen des Kommunizierens und Argumentierens asynchron nur eingeschränkt gefördert werden können bzw. gezielt Formen dafür gefunden werden müssen. Berücksichtigt man hierbei, dass kognitiv aktivierender Unterricht einen Wechsel von herausfordernden Problemstellungen verbunden mit Entdeckungsphasen und darauf aufbauenden Austauschphasen bedarf (vgl. u. a. Boaler 2003), so kann es ein Ziel sein, synchrone Formate zu nutzen, um die Kinder zum (kollaborativen) Problemlösen anzuregen. Empirischen Befunden zufolge wurden synchrone Formate hierfür zunächst nahezu nicht genutzt (vgl. Heller/Zügel 2020; Helm/Huber/Loisinger 2021). Sie wurden eher für die Besprechung von (Individual)-Fragen oder Hausaufgaben eingesetzt (vgl. Helm/Huber/Loisinger 2021), jedoch nicht für einen mathematischen diskursiven Aushandlungsprozess.

Lehramtsstudierenden lernen Mathematik lehren

Zentrales Ziel der universitären Lehrer*innenbildung ist, das Professionswissen zukünftiger Lehrer*innen zu fördern und auszubauen (vgl. Neumann et al. 2020). Umfrageergebnisse zeigen jedoch, dass sich viele Referendar*innen schlecht auf die Unterrichtspraxis vorbereitet fühlen (vgl. Gawlitza 2014; Lersch 2006) und/oder es ihnen schwer fällt, ihr erworbenes fachdidaktisches Wissen anzuwenden (vgl. Neumann et al. 2020, Vogelsang/Reinhold 2013). Renkl (2015) zufolge bleibt deren Wissen häufig „träge“ (S. 7). Vor diesem Hintergrund werden Lehrveranstaltungsformate benötigt, die ein „komplexitätsreduziertes Üben von echtem Unterricht“ (Rehfeldt et al. 2018, S. 98) ermöglichen. Begleitseminare zum integrierten Semesterpraktikum wie auch Masterseminare bieten in besonderer Weise die Möglichkeit, das bereits erworbene Fachwissen sowie das fachdidaktische und pädagogische Wissen an konkreten Anwendungssituationen auszubauen und zu vertiefen. Ausgehend von einer Theorie-Praxis-Verknüpfung und deren Analyse und Reflexion können Studierende auf das Unterrichten von Mathematik bestmöglich vorbereitet werden (vgl. Ball 2000; Lüken/Wellensiek/Rottmann 2020). Solche Theorie-Praxis-Verknüpfungen können bspw. durch Praktika oder auch durch kleinere Erprobungen in der Schule mit Nachbesprechung in den begleitenden Seminaren initiiert werden. Unterrichtsnachbesprechungen gelten als „Nahtstelle von Theorie und Praxis“ (Schüpbach 2011, S. 35). Sie schaffen Lerngelegenheiten, insbesondere dann, wenn das Unterrichtsgeschehen gemeinsam reflektiert wird (vgl. Beckmann/Ehmke 2020).

Das Lehrveranstaltungsformat „Lehr-Lern-Labor-Seminar“ hat sich nicht nur in den naturwissenschaftlichen Fächern als besonders wirksam erwiesen (vgl. Rehfeldt et al. 2018; Rehfeldt et al. 2020). Dabei handelt es sich um ein Lehrformat, „in dem Lehramtsstudierende theoriegeleitet Lernangebote in einem *universitären* Seminar entwickeln, welche dann mit *Schüler_innen in Universitätsräumen* erprobt, im Anschluss im Seminar *reflektiert*, überarbeitet und erneut mit Schüler_innen erprobt werden“ (Rehfeldt et al. 2020, S. 150, Hervorhebungen im Original). Zu Beginn eines jeden Lehr-Lern-Labor-Seminars steht die Erarbeitung fachlicher Konzepte und Theorien als theoretische Wissensbasis im Fokus (vgl. Rehfeldt et al. 2020). Auf dieser Grundlage planen die Studierenden eine Lernumgebung, welche dann im „Labor“

mit Schüler*innen erprobt und videographiert wird. Diese Praxiserprobung im Labor gleicht einer Unterrichtssimulation, welche durch den vertrauten universitären Handlungskontext und die Betreuung durch die Dozent*innen als komplexitätsreduziert angesehen werden kann (vgl. Rehfeldt et al. 2018). Die Komplexitätsreduktion besteht darin, dass Studierende in Lehr-Lern-Laboren nicht mit „der vollen Komplexität einer Unterrichtssituation im Klassenverband konfrontiert werden“ (Roth/Priemer 2020, S. 6), wie dies bspw. im Praktikum oder später im Referendariat der Fall ist. Stattdessen wird eine Fokussierung auf bestimmte Tätigkeiten einer Lehrkraft ermöglicht (vgl. ebd.).

Im Anschluss an die Durchführung wird die Erprobung analysiert und reflektiert. Der Fokus liegt hierbei auf der professionellen Wahrnehmung, indem die mathematischen Lernprozesse hinsichtlich eines adäquaten Lehrer*innenhandelns und der Gestaltung von gutem Unterricht analysiert und reflektiert werden. Es schließt sich eine Phase an, in der mögliche Adaptionen in Form von Handlungsalternativen entwickelt sowie Unterrichtsmaterialien und -verläufe aus fachlichen und fachdidaktischen Perspektiven kritisch beleuchtet werden. Die Adaptionen werden schließlich umgesetzt und erneut im Labor an einer weiteren Gruppe erprobt.

Ein solches Lehrformat wird in der Forschung zu Lehr-Lern-Laboren als „bessere Praxis“ (Rehfeldt et al. 2018, S. 92) angesehen, weil es nicht nur die Theorie mit der Praxis, sondern zugleich mit der Reflexion und Adaption vernetzt. Eine reflexive Auseinandersetzung mit Lehr-Lern-Prozessen kann durch eine reflexive Portfolioarbeit im Seminar unterstützt werden (vgl. Vogel 2018) und Handlungsalternativen diskutieren und hervorbringen.

Ausgehend von den Herausforderungen, welche durch die Corona-Pandemie an mathematische Lehr-Lernprozesse gestellt wurden, zielten wir unter Einbezug der theoretischen Anforderungen auf die Entwicklung eines Formats, das sowohl Schüler*innen das Entdecken mathematischer Zusammenhänge ermöglicht als auch Studierenden vertiefende Theorie-Praxis-Verknüpfungen bietet. Es sollte sowohl ein starker Fokus auf die Kognitive Aktivierung der Schüler*innen durch entsprechende ausgewählte substantielle Lernumgebungen gelegt sein als auch kognitiv strukturierende Anforderungen in Austausch- und Diskussionsphasen berücksichtigen. Dabei sollten mathematische Inhalte vertieft und mathematische Argumentationsprozesse initiiert werden.

MathendO – Mathematik entdecken Online

Zwei Wochen nach Beginn der Schulschließungen ging MathendO am 31. März 2020 das erste Mal online. Die oben beschriebenen Qualitätskriterien guten Unterrichts wurden jeweils in synchronen Videokonferenzen mit Kindern der Klassen 1–4 umgesetzt.

Bis Pfingsten 2020 wurde MathendO von den Autorinnen an zwei Vormittagen pro Woche jeweils 90 Minuten angeboten. Nach der teilweisen Wiederöffnung der Schulen verteilten sich die zwei Sitzungen auf einen Vor- und einen Nachmittag. Seit September 2020 bieten wir MathendO einmal wöchentlich nachmittags an (Stand Oktober 2021). Im Mittelpunkt stehen

stets substantielle Lernumgebungen (vgl. Wittmann 2001) wie z. B. Addition gerader und ungerader Zahlen, Zahlengitter, Finden und Untersuchen von Quadrat-Fünflingen (Pentominos) sowie kombinatorische Fragestellungen.

Durchschnittlich nehmen an einer Sitzung ca. 30 Grundschulkinder ($min = 5$, $max = 200$) teil. Durch die Unverbindlichkeit des Angebots variiert diese Teilnehmerzahl. Der Mathematikunterricht wurde anfangs von lediglich einer der Autorinnen gestaltet. Es hat sich jedoch bewährt, alle organisatorischen Aspekte sowie das gesamte sonst nötige Classroom-Management (z. B. Regeln transparent machen, Chatnachrichten beantworten, präsentierende Kinder in den Bild-Fokus rücken („Regie führen“)) an eine zweite Person, den Host der Videokonferenz, abzugeben. Somit wurde ab Mai 2020 jede MathendO-Stunde von einer weiteren Autorin betreut und begleitet. Seit dem Sommersemester 2020 übernehmen auch Masterstudierende alleine oder im Tandem den Mathematikunterricht in MathendO, wobei auch sie von einer der Autorinnen als Host begleitet werden.

Kinder lernen mit MathendO

Die Struktur der MathendO-Sitzungen ist so aufgebaut, dass Eigenkonstruktion und sozialer Austausch aufeinanderfolgen (vgl. Rathgeb-Schnierer 2006): Ausgehend von einer Problemstellung wechseln sich Arbeits- und Austauschphasen ab, die sich aufeinander beziehen und aufeinander aufbauen. Zu Beginn jeder MathendO-Sitzung stellt die Lehrkraft die Problemstellung vor. In dieser kurzen Einführungsphase ist es wichtig, die Aufgabenstellung zu verdeutlichen und sicherzustellen, dass alle Schüler*innen mit der Bearbeitung beginnen können (vgl. Hengartner/Hirt/Wälti 2006; Pólya 1945; Schoenfeld 1985). Die Schüler*innen machen sich mit dem Aufgabenformat vertraut, entwickeln erste Hypothesen und Ideen für eine Lösung und/oder stellen offene Fragen. Anschließend bearbeiten sie die Aufgabe eigenständig, im Tandem oder in Kleingruppen in sogenannten Breakoutrooms. In diesen Unterrichtsphasen steht die Lehrkraft über die Chatfunktion oder als Besucherin der Breakoutrooms als „kompetenter Anderer“ (Chaiklin 2003, S. 41) für die Schüler*innen zur Verfügung und unterstützt deren Explorations- und Entdeckungsprozesse mit Hilfe kognitiv aktivierender Impulse und Fragestellungen. Diese Impulse werden den unterschiedlichen Bedürfnissen der Kinder angepasst: Manchmal genügen motivierende Aufforderungen wie „mach weiter so“ oder „du findest sicherlich noch mehr Aufgaben“. Damit Kinder zur vertiefenden Auseinandersetzung angeregt werden, helfen Fragen wie „Ist das immer so?“, „Bist du sicher?“ oder „Warum ist das so?“. Benötigen die Kinder Hilfestellungen für die Weiterarbeiten, so wird versucht, deren aktuelle Konzepte aufzugreifen und mit Hilfe von Fragen oder Aufforderungen zum Umstrukturieren etc. weiterzuentwickeln. Auf diese Art werden die Kinder ermutigt, verschiedene Lösungen, Ansätze und Muster zu finden, zu erklären, auf der Basis analytischer Argumente zu begründen sowie die eigene Arbeit zu reflektieren. Die Kinder nutzen den Text-Chat, um zu kommunizieren, dass sie z. B. eine oder mehrere Lösungen gefunden haben und diese dann benennen möchten, oder um nach Hilfe zu fragen. An die Arbeitsphase schließt sich stets eine gemeinsame Austauschphase an, in der Kinder exemplarisch Entdeckungen und

Lösungsansätze präsentieren sowie angeregt werden, ihre eigenen mit denen anderer zu vergleichen und darüber ins Gespräch zu kommen. Dazu zeigen sie ihre Eigenproduktionen⁴ in Form von visualisierten Ideen in die Kamera und/oder versuchen, diese verbal zu erläutern. Ausgehend von diesen Eigenproduktionen und Verbalisierungen werden die Inhalte gemeinsam gebündelt und strukturiert sowie im Diskurs weiterentwickelt. Hierfür hat es sich im Laufe der Zeit bewährt, als Lehrende eine zusätzliche Außenkamera zu haben, durch die die verschiedenen Ideen der Kinder für alle (flexibel) visualisiert und neu strukturiert werden können. Am Beispiel der Quadrat-Fünfling-Stunde bedeutete dies, dass die Kinder nach und nach jeweils einen gefundenen Quadrat-Fünfling zeigen und/oder verbal beschreiben konnten und dieser dann von der Lehrkraft unter der Kamera nachgelegt wurde. Somit konnten die Kinder bei jedem neu beschriebenen Quadrat-Fünfling vergleichen und prüfen, ob es sich tatsächlich um einen neuen Fünfling handelte oder ob eine Dopplung (bspw. hervorgerufen durch eine Drehung oder/und Klappung des Fünflings) benannt wurde (s. Abb. 1). Daraus entwickelten sich im Gesprächsverlauf gemeinsame Diskussionen, hervorgerufen durch einen „Fehler“ (ein Quadrat-Fünfling, der nicht den vereinbarten Regeln entsprach), der zur Aushandlung anregte. Die Kinder riefen zunächst spontan (ähnlich wie im Unterricht) „nein“, „falsch“, „haben wir schon“ o.ä. und wurden dann aufgefordert, per Chat mitzuteilen, wenn sie etwas beitragen wollen (analog zum Hinweis auf das Handzeichen im Unterricht). In der Folge konnten die Beiträge dann systematisch aufgegriffen (immer zunächst auf grün gelegt, s. Abb. 1), die Quadrat-Fünflinge verglichen und begründet aufgenommen (zu blau gelegt, s. Abb. 1) oder im Falle einer Dopplung ausgeschlossen werden (wie es in der in Abbildung 1 dargestellten Mathendo-Szene für den auf grün gelegten Quadrat-Fünfling zutrifft).

Abbildung 1: Gemeinsames Sammeln und Überprüfen der gefundenen Quadrat-Fünflinge (Perspektive: Außenkamera der Lehrperson)

Zu Beginn der Projektzeit arbeiteten wir überwiegend mit dem Whiteboard des Videokonferenz-Tools. Da sich dies teilweise als schwerfällig erwies, setzen wir inzwischen in den Präsentations- und Austauschphasen häufig eine Präsentationssoftware ein. Dies erweist sich als gute Möglichkeit, durch eingefügte Makros genannte Zahlen in Aufgabenformate einzutragen oder

⁴ Eine Auswahl an Eigenproduktionen der Kinder können auf der Projekt-Homepage (www.ph-ludwigsburg.de/fakultaet-2/institut-fuer-mathematik-und-informatik/mathematik/mathendo/ideen) eingesehen werden.

sprachliche Überlegungen der Kinder aufzugreifen und zu notieren. Sobald allerdings flexiblere Darstellungen und Zeichnungen, die umstrukturiert oder kurzfristig erstellt werden müssen, benötigt werden (so z. B. bei den Quadrat-Fünflingen), erweist sich der Einsatz einer Außenkamera mit entsprechend vorbereiteten Materialien als geeigneter (Abb. 1). Analog zum Klassenzimmer unterliegen auch hier die methodischen Entscheidungen den fachdidaktischen Anforderungen.

Auf der organisatorischen Ebene erweist sich gerade in diesen Phasen der Chat als wichtig, wenn mehr als 15 Kinder an der Sitzung teilnehmen. Die Kinder notieren hier nur kurz „ich“ und teilen darüber mit, dass sie gerne etwas sagen möchten. Dies ermöglicht der Kollegin, die die Regie führt, einerseits eine faire Reihenfolge im Blick zu haben und andererseits auch Kinder aufzurufen, die sich noch nicht oder nur wenig aktiv eingebracht haben. Hinzu kommt, dass dadurch die unterrichtende Person deutlich entlastet wird.

In diesen Phasen steuern die Impulse und Fragestellungen der Lehrkraft die Progression und Partizipation der Kinder, was zu einer zunehmenden Verdichtung und Begründungsqualität führt (vgl. Hardy/Stephan-Gramberg/Jurecka 2021). Ausgehend von den hier entwickelten Vorstellungen werden in einer zweiten Arbeitsphase die Inhalte und Konzepte durch eine weiterführende Problemstellung vertieft und ausgebaut. Im Falle der Quadrat-Fünflinge bestand die weiterführende Problemstellung bspw. im Legen nach Vorgabe, wobei die Vorgabe, verschiedene geometrische Figuren wie z. B. ein Quadrat oder Rechteck zu legen, verbal erfolgte. Ähnlich wie beim ersten Austausch liegt der Fokus bei diesen Anschluss Themen auf der Förderung der Kognitiven Aktivierung und des metakognitiven Lernens.

Der Kognitiven Aktivierung als eines der zentralen Kriterien guten Unterrichts wird mit Hilfe der Aufgabenauswahl Rechnung getragen. Der Frage, inwieweit Kognitive Strukturierung in einem digitalen synchronen Format mit Grundschulkindern möglich ist, sollte in einer qualitativen Studie nachgegangen werden. Hierfür wurden bisher vier exemplarische MathendO-Stunden interaktionsanalytisch (vgl. Krummheuer 2011; Toulmin 1975; Vogler 2020) ausgewertet. Zunächst wurden mit Hilfe einer Sequenzanalyse die Interaktionsphasen identifiziert (vgl. Peter-Koop 2006). Davon ausgehend konnten unterschiedlich verdichtete Gesprächssituationen herausgearbeitet und analysiert werden: Phasen des „interaktionalen Gleichflusses“ (Krummheuer/Brandt 2001, S. 56) wechselten sich mit jenen der „interaktionalen Verdichtung“ (ebd., S. 56) ab. Während der Ersteren stellten die Kinder – eines nach dem anderen – exemplarisch ihre Ergebnisse und Entdeckungen vor. Das bedeutet im Falle der Quadrat-Fünflinge, dass die Kinder aufgefordert waren, weitere Fünflinge vorzustellen und dabei darauf zu achten, dass eben keine Dopplungen entstehen. Bei anderen Aufgabenstellungen handelte es sich um verschiedene Gleichungen, Eintragungen von Zahlen in Aufgabenformaten etc. Wobei natürlich, gleich dem Klassenunterricht, nicht alle Kinder vorstellen konnten, sondern auf der Basis exemplarischer Schüler*innenlösungen weitergearbeitet wurde.

Durch auftauchende Fehler, die zu Irritationen führten, oder durch modellierende und/oder adaptive Impulse der Lehrkraft ließen sich in den unterschiedlichsten MathendO-Stunden verdichtete diskursive Aushandlungsprozesse auslösen, in denen die Kinder aufeinander Bezug nahmen sowie untereinander und mit der Lehrkraft in mathematische Begründungsprozesse

einstiegen (vgl. Rechtsteiner/Sturm 2021; Rechtsteiner et al., einger.). Dabei zeigten sich auch mathematisch-analytische Begründungen (vgl. Rechtsteiner et al., i. Vorb.).

Die Ergebnisse zeigen, dass sich kognitiv strukturierende Interaktionsmuster auch in synchronen digitalen Lehr-Lern-Formaten mit Grundschulkindern anregen lassen, sofern die Grundsätze partizipativer Unterrichtsgespräche mit Hilfe von Scaffolding-Strategien Berücksichtigung finden. Auf der Basis dieser Ergebnisse lassen sich zwei Deutungshypothesen ableiten (vgl. Rechtsteiner et al., einger.):

- Die Muster der Interaktionsphasen bei MathendO ähneln jenen im Klassenzimmer. Auch in diesem synchronen digitalen Lehr-Lern-Format wechselten sich Phasen des interaktionalen Gleichflusses mit solchen der interaktionalen Verdichtung ab, in denen Kinder im Unterrichtsgespräch in Aushandlungsprozesse treten.
- Kognitiv anregende Strukturelemente werden auch in digitalen synchronen Interaktionsanlässen von den Kindern aufgegriffen, unter der Voraussetzung substantieller Lernumgebungen und gezielter modellierender und adaptiver Impulse. Wie oben beschrieben, greifen die Kinder analog zum Klassenunterricht auch hier Fehler, Provokationen und weiterführende Impulse auf und kommen darüber in einen Austausch mit mathematischer Vertiefung.

Studierende lernen mit MathendO

Die Masterseminare „Kommunizieren und Argumentieren im Mathematikunterricht der Grundschule“, „Problemlösen in der Grundschule“ und „Flexibles Rechnen entwickeln“ umfassen in der Regel zwischen 12 und 14 Semesterwochenstunden. Vor der Corona-Pandemie lag den Seminaren ein Seminarkonzept zugrunde, das hinsichtlich der Planungs- und Reflexionsprozesse von Lernumgebungen mit dem der Lehr-Lern-Labor-Seminare vergleichbar ist (vgl. Rehfeldt et al. 2020, Roth/Priemer 2020). Abweichend davon fanden in unseren Masterseminaren die Erprobungen nicht in einem Lehr-Lern-Labor, sondern in Schulklassen statt.

Während und nach der Corona-Pandemie erfolgte eine Adaption des Seminarkonzeptes hinsichtlich der Praxiserprobung. In den ersten Veranstaltungen zu Semesterbeginn werden nun mathematikdidaktische Konzepte und Theorien erarbeitet und damit verbunden auch auf die Gestaltung diskursiver Aushandlungsprozesse fokussiert. Zur weiteren Illustrierung und Vertiefung der theoretischen Inhalte werden Videovignetten ausgewählter MathendO-Austauschphasen, die von Studierenden moderiert wurden, eingesetzt. Hierbei handelt es sich um solche Ausschnitte der Austauschphasen, die vielseitige Reflexionsanlässe und verschiedene Perspektiveinnahmen ermöglichen. Dadurch lässt sich eine zusätzliche Theorie-Praxis-Verknüpfung in den Lehrveranstaltungen initiieren und reflektieren.

Vor der Corona-Pandemie planten die Studierenden aufbauend auf der Theorie in Tandems substantielle Lernumgebungen, die sie eigenverantwortlich mit Kindern in Grundschulen erprobten. Diese Unterrichtsstunden wurden von den Studierenden teilweise eigenverantwortlich videographiert oder audiographiert und ggf. sequentiell in der jeweiligen Veranstaltung mit der Seminargruppe nachbesprochen. Hierbei wurden sowohl positive Aspekte herausgearbeitet als auch Handlungsalternativen diskutiert und im Gespräch entwickelt (vgl. Bräuer

2016). Seit der Pandemie und den damit verbundenen Schulschließungen konnten zunächst keine und im späteren Verlauf nur vereinzelt Praxiserprobungen in dieser Form in den Schulen durchgeführt werden. Dadurch hätten die Praxiserfahrungen größtenteils entfallen oder vollständig durch die Arbeit mit Videovignetten ersetzt werden müssen. Durch die studentischen Erprobungen von substantiellen Lernumgebungen innerhalb der MathendO Sitzungen ist es jedoch gelungen, kontinuierlich Praxiserfahrungen zu ermöglichen. Diese Form der Praxiserfahrung kann als komplexitätsreduziert angesehen werden, da sich die Studierenden ausschließlich auf die fachdidaktischen Aspekte des Mathematikunterrichts konzentrieren können. Alle organisatorischen Aspekte sowie das gesamte sonst nötige Classroom-Management werden vom Host (einer der Autorinnen) übernommen.

Die Planungen werden mit dem jeweiligen Tandem zweifach vorbesprochen sowie anschließend direkt reflektiert und eine Weiterentwicklung diskutiert.

Wenngleich eine differenzierte Evaluation der Seminare hinsichtlich der Chancen, Potenziale und Grenzen von MathendO noch aussteht, können jedoch erste in den Seminarreflexionen geäußerte Erfahrungen berichtet werden. Die Studierenden schätzen die Lehrerfahrungen in MathendO sehr und nehmen sie als Gewinn wahr, da sie zum einen ihre eigene theoriegeleitet entwickelte Lernumgebung durchführen und erproben und zum anderen mit den Kindern unmittelbar über mathematische Zusammenhänge ins Gespräch kommen können. Ähnlich wie im Präsenzunterricht sind sie auch in diesem Format stark (oder evtl. noch mehr) herausgefordert, ein mathematisches Gespräch und den Diskurs mit den Schüler*innen anzuregen und durch gezielte Impulse aufrecht zu erhalten, was sich viele der Studierenden selbstkritisch reflektierend leichter vorgestellt hätten. Insbesondere in nicht vorhersehbaren Unterrichtssituationen, in denen sie nahezu spontan handeln mussten, stießen sie an ihre Grenzen (vgl. Roth/Priemer 2020). Das Coaching durch den Host nahmen sie insbesondere in solchen Momenten der Unsicherheit als äußerst gewinnbringend wahr, auch, dass sie in einem Schonraum agieren konnten, weil das Classroom-Management (an den Host) ausgelagert war und dadurch eine Fokussierung auf das Unterrichten möglich wurde. Als Grenze wurde bspw. benannt, dass MathendO keine wiederholte Durchführung der reflektierten und adaptierten Lernumgebung zulässt, was im Gegensatz zu klassischen Lehr-Lern-Laboren den nicht vollständig wechselnden Teilnehmenden geschuldet ist. Ebenfalls wurde seitens der Studierenden als herausfordernd angemerkt, dass aufgrund der heterogenen Lerngruppe und der fehlenden Informationen zu der Lerngruppe (wie Alter oder Leistungsstand) beim Unterrichten eine hohe Flexibilität und Adaptivität gefordert ist. Es fiel ihnen u. a. schwer, ad hoc einzuschätzen, welche Impulse situationsspezifisch kognitiv aktivierend und strukturierend sind, was jedoch in Anbetracht der Professionalisierungsphase der Studierenden als erwartbar anzusehen ist.

Ausblick

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass MathendO während der Corona-Pandemie eine Win-win-Situation für die verschiedenen Akteure bot: Lehrkräfte an Schulen konnten das Angebot in ihren Wochenplan einbinden. Für Kinder ergab sich die Chance, Mathematik mit anderen Kindern auch außerhalb der eigenen Klassengemeinschaft zu entdecken. Außerdem zeigte sich in den Analysen der Unterrichtsgespräche, dass Kinder auch in synchronen Lehr-

Lern-Formaten in der Lage sind, Bezug zueinander zu nehmen und vertiefend in mathematische Gespräche einzutauchen, sofern die Impulse strukturierend und kognitiv aktivierend erfolgen. Studierenden ermöglichte MathendO trotz (teilweiser) Schulschließung, zuverlässig theoretische Hintergründe in einem Schonraum eines Lehr-Lern-Labors mit Praxiserfahrung zu verknüpfen und zu reflektieren.

Diese Erfahrungen sollen nun über Corona hinaus aufgegriffen und systematisch weiterentwickelt werden. MathendO soll als Lehr-Lern-Labor für Kinder und Studierende fortgeführt werden, sodass die sich daraus ergebenden Chancen auf verschiedenen Ebenen adaptiert und weitergenutzt werden können: Anders als während der Homeschoolingphasen wird MathendO inzwischen einmal wöchentlich nachmittags angeboten und wurde somit vollständig in den Freizeitbereich verlegt. Damit bietet es weiterhin allen Kindern, die Freude am Mathematiktreiben haben, Möglichkeiten zum Entdecken von und Kommunizieren über mathematische Zusammenhänge und Strukturen. Zu Beginn des Homeschoolings 2020 nahmen mehr Grundschulkinder an MathendO teil als dies zum jetzigen Zeitpunkt (Stand Oktober 2021) als Freizeitangebot der Fall ist. U.E. lässt sich dies darauf zurückführen, dass es sich im März 2020 um ein neuartiges und noch unbekanntes Lehr-Lern-Format handelte, das die Kinder motivierte und begeisterte und inzwischen etwas an Reiz verlor. Im Vergleich zum Beginn des Lockdowns, im März 2020, berichten immer mehr Kinder, im Rahmen ihres Unterrichts in ihrer eigenen Klasse ebenso Videokonferenzen durchzuführen. Dadurch nahm die Anzahl an Videokonferenzen für viele Kinder deutlich zu und begann, Gewohnheit zu werden. Ein weiterer Grund könnte darin liegen, dass das Angebot nun in der Freizeit liegt, was ggf. eine zusätzliche Videokonferenz bedeuten würde und sich evtl. auch negativ auf die Motivation auswirkt. So hat sich im Laufe der Zeit eine nahezu feste Gruppe an Kindern gebildet (ca. zehn), die regelmäßig teilnimmt, ergänzt durch wechselnde Kinder, die immer einmal wieder dazustoßen (ca. zehn).

Um hier stabilere Gruppen zu bilden, wurden inzwischen erste Kooperationen mit Schulen aufgebaut. Kinder dieser Klassen nehmen bspw. anstelle ihrer Hausaufgabe an MathendO teil, wodurch MathendO auch ein Teil des Klassenunterrichts ist. Dieses Format ermöglicht künftig weitere Erprobungen und Befragungen von Kindern und deren Eltern, um noch mehr über die Seite der Lernenden zu erfahren. Auch für die Studierenden soll die geschaffene Laborsituation von MathendO erhalten bleiben. Dieses besondere Format mit der Möglichkeit des direkten Coachings durch Dozierende eröffnet Studierenden die Chance, die über den Chat erhaltenen Rückmeldungen unmittelbar umzusetzen und damit ihre Gesprächsführung sofort zu adaptieren und weiterzuentwickeln. Dieses aus Corona hervorgegangene Format birgt eine enorme Chance für die Professionalisierung der Studierenden im Rahmen der strukturierenden Aktivierung von Kindern beim Mathematiklernen, was zukünftig auch systematisch beforscht werden soll.

Weitere Untersuchungen fokussieren nun zum einen die Begründungsqualität der Argumentationen im Rahmen der Aushandlungsprozesse und zum anderen die Lernprozesse der Stu-

dierenden. Um der Problematik, die sich in Familien durch die Synchronität bspw. hinsichtlich der zeitgleichen Nutzung der Endgeräte ergibt, entgegenzuwirken, soll auch der Frage nachgegangen werden, inwieweit MathendO durch asynchrone Elemente erweitert werden kann und inwieweit es dennoch möglich ist, Kinder zum Vorstellen ihrer Überlegungen und Entdeckungen sowie zum Austausch untereinander anzuregen.

Literatur

- Ball, Deborah L. (2000): Bridging practices: Intertwining content and pedagogy in teaching and learning to teach. In: *Journal of Teacher Education*, 51, 3, pp. 241–247.
- Beckmann, Timo/Emke, Timo (2020): Unterrichtsbesprechungen zwischen Studierenden und schulischen bzw. universitären Lehrenden – Lerngelegenheiten zur theoretischen Begründung praktischen Handelns. In: Rheinländer, Kathrin/Scholl, Daniel (Hrsg.): *Verlängerte Praxisphasen in der Lehrer*innenbildung. Konzeptionelle und empirische Aspekte der Relationierung von Theorie und Praxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 316–330.
- Bezold, Angela (2010): Mathematisches Argumentieren in der Grundschule fördern – was Lehrkräfte dazu beitragen können. SINUS an Grundschulen. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN). URL: sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Mathe_Bezold (17.08.2021).
- Boaler, Jo (2003): Studying and capturing the complexity of practice: The case of the dance of agency. In: Pateman, Neil A./Dougherty, Barbara/Zilliox, Joseph T. (Eds.): *Proceedings of the 27th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education Held Jointly With The 25th Conference of PME-NA*. Honolulu, HI: IGPME, pp. 3–16.
- Bräuer, Gerd (2016): *Das Portfolio als Reflexionsmedium für Lehrende und Studierende*. Opladen/Toronto: UTB.
- Chaiklin, Seth (2003): The zone of proximal development in Vygotsky's analysis of learning and instruction. In: Kozulin, Alex/Gindis, Boris/Agueyev, Vladimir S./Miller, Suzanne M. (Eds.): *Vygotsky's educational theory in cultural context*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 39–64. URL: doi.org/10.1017/CBO9780511840975.004.
- Deutsches Schulportal (2020a): *Das Deutsche Schulbarometer Spezial Corona-Krise. Ergebnisse einer Befragung von Lehrerinnen und Lehrern an allgemeinbildenden Schulen im Auftrag der Robert Bosch Stiftung in Kooperation mit der ZEIT*. URL: deutsches-schulportal.de/unterricht/das-deutsche-schulbarometer-spezial-corona-krise/ (18.03.2021).
- Deutsches Schulportal (2020b): *Das Deutsche Schulbarometer Spezial Corona-Krise: Folgebefragung. Ergebnisse einer Befragung von Lehrerinnen und Lehrern an allgemeinbildenden Schulen im Auftrag der Robert Bosch Stiftung in Kooperation mit der ZEIT*. URL: deutsches-schulportal.de/content/uploads/2021/02/Deutsches-Schulbarometer_Spezial-Folgebefragung.pdf (25.10.2021).
- Einsiedler, Wolfgang/Hardy, Ilonca (2010): Kognitive Strukturierung im Unterricht: Einführung und Begriffserklärungen. In: *Unterrichtswissenschaft*, Bd. 38, H. 3, S. 193–209.
- Freudenthal, Hans (1974): Die Stufen im Lernprozeß und die heterogene Lerngruppe im Hinblick auf die Middenschool. In: *Neue Sammlung*, 14, S. 161–172.
- Gawlitza, Gabriele (2014): *Analyse der Voraussetzungen, der beruflichen Belastung und der Entwicklung der professionellen Kompetenz von Lehramtsanwärtern der Fächer Mathematik, Biologie und Deutsch*. Dissertation, Universität des Saarlandes. URL: publikationen.sulb.uni-saarland.de/bitstream/20.500.11880/23439/1/Dissertation_Gabriele_Gawlitza_Druckversion.pdf (26.10.2021).

- Götze, Daniela (2007): Mathematische Gespräche unter Kindern. Zum Einfluss sozialer Interaktion von Grundschulkindern beim Lösen komplexer Aufgaben. Hildesheim: Franzbecker.
- Hardy, Ilonca/Hertel, Silke/Kunter, Mareike/Klieme, Eckhard/Warwas, Jasmin/Büttner, Gerhard/Lühken, Arnim (2011): Adaptive Lerngelegenheiten in der Grundschule. Merkmale, methodisch-didaktische Schwerpunktsetzungen und erforderliche Lehrerkompetenzen. In: Zeitschrift für Pädagogik, Bd. 57, H. 6, S. 819-833.
- Hardy, Ilonca/Stephan-Gramberg, Simone/Jurecka, Astrid (2021): The use of scaffolding to promote preschool children's competencies of evidence-based reasoning. In: Unterrichtswissenschaft, pp. 91–115. URL: doi.org/10.1007/s42010-020-00094-4.
- Heller, Sonja/Zügel, Oliver (2020): ‚Schule zu Hause‘ in Deutschland. Bestandsaufnahme im Corona-Lockdown aus Perspektive der Schüler/-innen und Eltern. URL: telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/Ergebnisbericht-Homeschooling.pdf (15.06.2021).
- Helm, Christoph/Huber, Stephan/Loisinger, Tina (2021): Was wissen wir über schulische Lehr-Lern-Prozesse im Distanzunterricht während der Corona-Pandemie? – Evidenz aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Bd. 24, H. 2, S. 237–311. URL: doi.org/10.1007/s11618-021-01000-z.
- Hengartner, Elmar/Hirt, Ueli/Wälti, Beat und Primarschulteam Lupsingen (2006): Lernumgebungen für Rechenschwache bis Hochbegabte. Natürliche Differenzierung im Mathematikunterricht. Zug: Klett und Balmer.
- Huhmann, Tobias/Spiegel, Hartmut (2016): Kinder haben ein Recht auf guten Geometrieunterricht. In: Die Grundschulzeitschrift, H. 291, S. 25–27.
- Hußmann, Stephan/Leuders, Timo (2006): Mathematik treiben, authentisch und diskret – eine Perspektive für die Lehrerbildung. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2006, Münster: WTM-Verlag. URL: dx.doi.org/10.17877/DE290R-7172.
- Immerfall, Stefan/Traub, Silke (2021): Schulpraxis ohne Präsenz. Wie Studierende und Referendar*innen die Praxisphase erleben. In: Journal für LehrerInnenbildung, Bd. 21, H. 2, S. 66–75. URL: doi.org/10.35468/jlb-02-2021-06
- Jordan, Alexander/Krauss, Stefan/Löwen, Katrin/Blum, Werner/Neubrand, Michael/Brunner, Martin/Kunter, Mareike/Baumert, Jürgen (2008): Aufgaben im COACTIV-Projekt: Zeugnisse des kognitiven Aktivierungspotentials im deutschen Mathematikunterricht. In: Journal für Mathematik-Didaktik, Bd. 29, H. 2, S. 83–107. URL: doi.org/10.1007/BF03339055.
- Käpnick, Friedhelm (2003): Aufgabenformate für die Förderung mathematisch interessierter und begabter Grundschul Kinder. In: Ruwisch, Silke/Peter-Koop, Andrea (Hrsg.): Gute Aufgaben im Mathematikunterricht der Grundschule. Offenburg: Mildnerberger, S. 169–181.
- Klieme, Eckhard (2019): Unterrichtsqualität. In: Harring, Marius/Rohlf, Carsten/Gläser-Zikuda, Michaela (Hrsg.): Handbuch Schulpädagogik. Münster: Waxmann, S. 393–408.
- Köller, Olaf/Fleckenstein, Johanna/Guill, Karin/Meyer, Jennifer (2020): Pädagogische und didaktische Anforderungen an die häusliche Aufgabenbearbeitung. In: Fickermann, Detlef/Edelstein, Benjamin (Hrsg.): „Langsam vermisste ich die Schule...“. Schule während und nach der Corona-Pandemie, Münster: Waxmann, S. 163–174. URL: doi.org/10.31244/9783830992318.10.
- Krummheuer, Götz (2011): Representation of the notion „learning-as-participation“ in everyday situations of mathematics classes. In: ZDM Mathematics Education, Bd. 43, H. 1/2, pp. 81–90. URL: doi.org/10.1007/s11858-010-0294-1.
- Krummheuer, Götz/Brandt, Birgit (2001): Paraphrase und Traduktion. Partizipationstheoretische Elemente einer Interaktionstheorie des Mathematiklernens in der Grundschule. Weinheim: Beltz.
- Lengnink, Katja/Edel, Petra (2021): Mathe für Cracks! Analog, digital oder als Blended Learning? In: Graf, Dittmar/Graulich, Nicole/Lengnink, Katja/Martinez, Hélène/Schreiber, Christof (Hrsg.):

- Digitale Bildung für Lehramtsstudierende: TE@M – Teacher Education and Media. Wiesbaden: Springer, S. 81–87. URL: doi.org/10.1007/978-3-658-32344-8.
- Lersch, Rainer (2006): Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. In: Zeitschrift für Pädagogik, H. 51, Beiheft, S. 164–181.
- Lipowsky, Frank (2015): Unterricht. In: Wild, Elke/Möller, Jens (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Berlin: Springer, S. 69–106. URL: doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2.
- Lüken, Miriam M./Wellensiek, Nicole/Rottmann, Thomas (2020): Die Reflexionsprüfung zur Theorie-Praxis-Verknüpfung in der Lehrer_innenausbildung. Mathematikdidaktische Reflexionsanlässe im Praxissemester. In: HLZ, Bd. 3, H. 2, S. 300–324.
- Millich, Larissa Sofie (2020): Homeschooling und fachdidaktische Ansprüche im Mathematikunterricht der Grundschule – eine qualitative Interviewstudie bei Lehrkräften. Unveröffentlichte Masterarbeit an der PH Ludwigsburg im Fach Mathematik.
- Neumann, Irene/Neumann, Knut/Parchmann, Ilka/Schwanewedel, Julia (2020): Die Kieler Forschungswerkstatt – ein Lehr-Lern-Labor mit Fokus auf aktuelle Forschungsthemen. In: Priemer, Burkhard/Roth, Jürgen (Hrsg.): Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 85–97. URL: doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7
- Neubrand, Michael (2015): ‚Kognitive Aktivierung‘: Abstrakte Dimension – angestrebte Perspektive – Orientierung für empirische Befunde aus dem Mathematikunterricht. In: Arndt, Holger (Hrsg.): Kognitive Aktivierung in der ökonomischen Bildung. Schwalbach/Ts: Wochenschau, S. 34–48.
- Pauli, Christine (2006): „Fragend-entwickelnder Unterricht“ aus Sicht der soziokulturalistisch orientierten Unterrichtsgesprächsforschung. In: Baer, Matthias/Fuchs, Michael/Füglister, Peter/Reusser, Kurt/Wyss, Heinz (Hrsg.): Didaktik auf psychologischer Grundlage. Von Aebli's kognitionspsychologischer Didaktik zur modernen Lehr-Lernforschung. Bern: h.e.p. Verlag, S. 192–206.
- Peter-Koop, Andrea (2006): Grundschul Kinder bearbeiten Fermi-Aufgaben in Kleingruppen. Empirische Befunde zu Interaktionsmustern. In: Rathgeb-Schnierer, Elisabeth/Roos, Udo (Hrsg.): Wie rechnen Matheprofis? Ideen und Erfahrungen zum offenen Mathematikunterricht. München: Oldenbourg, S. 41–56.
- Pilgrim, Alexandra/Nolte, Marianne/Huhmann, Tobias (2021): Mathematiktreiben mit Grundschulkindern – Konzepte statt Rezepte: Festschrift für Günter Krauthausen. Münster: WTM-Verlag.
- Pólya, George (1945): How to solve it. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Praetorius, Anna-Katharina/Charalambous, Charalambos Y. (2018): Classroom Observation Frameworks for Studying Instructional Quality: Looking Back and Looking Forward. In: ZDM Mathematics Education, Bd. 50, H. 3, S. 535–553. URL: doi.org/10.1007/s11858-018-0946-0.
- Praetorius, Anna-Katharina/Rogh, Wida/Kleickmann, Thilo (2020): Blinde Flecken des Modells der drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität? Das Modell im Spiegel einer internationalen Synthese von Merkmalen der Unterrichtsqualität. In: Unterrichtswissenschaft. URL: doi.org/10.1007/s42010-020-00072-w.
- Rathgeb-Schnierer, Elisabeth (2006): Kinder auf dem Weg zum flexiblen Rechnen: Eine Untersuchung zur Entwicklung von Rechenwegen bei Grundschulkindern auf der Grundlage offener Lernangebote und eigenständiger Lösungsansätze. Hildesheim: Franzbecker.
- Rathgeb-Schnierer, Elisabeth/Rechtsteiner-Merz, Charlotte (2010): Mathematiklernen in der jahrgangsübergreifenden Eingangsstufe: gemeinsam, aber nicht im Gleichschritt. München: Oldenbourg.
- Rechtsteiner-Merz, Charlotte (2013): Flexibles Rechnen und Zahlenblickschulung: Entwicklung und Förderung von Rechenkompetenzen bei Erstklässlern, die Schwierigkeiten beim Rechnenlernen zeigen. Münster: Waxmann.

- Rechtsteiner, Charlotte/Sturm, Nina (2021): Interaktionssituationen im Rahmen mathematisch ergiebiger Lernangebote in Onlineformaten. In: Hein, Kerstin/Heil, Cathleen/Ruwisch, Silke/Prediger, Susanne (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2021. Münster: WTM Verlag. URL: doi.org/10.37626/GA9783959871846.0.
- Rechtsteiner, Charlotte/Sturm, Nina/Wörn, Claudia/Sprenger, Jasmin/Scherrmann, Alexandra (einger.): Cognitive activation in times of social distancing – primary school students discover mathematics online.
- Rechtsteiner, Charlotte/Sturm, Nina/Sprenger, Jasmin/Scherrmann, Alexandra/Wörn, Claudia (i. Vorb.). Children argue mathematically – in synchronous digital formats.
- Rehfeldt, Daniel/Seibert, David/Klempin, Christiane/Lücke, Martin/Sambanis, Michaela/Nordmeier, Volkhard (2018): Mythos Praxis um jeden Preis? Die Wurzeln und Modellierung des Lehr-Lern-Labors. In: die hochschullehre, H. 4, S. 91–114. URL: doi.org/10.1024/1010-0652/a000270.
- Rehfeldt, Daniel/Klempin, Christiane/Brämer, Martin/Seibert, David/Rogge, Irina/Lücke, Martin/Sambanis, Michaela/Nordmeier, Volkhard/Köster, Hilde (2020): Empirische Forschung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren – Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, Bd. 34, H. 3–4, S. 149–169. URL: doi.org/10.1024/1010-0652/a000270.
- Renkl, Alexander (2015): Wissenserwerb. In: Wild, Elke/Möller, Jens (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Berlin/Heidelberg: Springer, S. 3–24. URL: doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2_1.
- Reusser, Kurt/Pauli, Christine (2013): Verständnisorientierung in Mathematikstunden erfassen. In: Zeitschrift für Pädagogik, Bd. 59, H.3, S. 308–335.
- Roth, Jürgen/Priemer, Burkhard (2020): Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbunds. In: Priemer, Burkhard/Roth, Jürgen (Hrsg.): Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung, Berlin, Heidelberg: Springer, S.1–10. URL: doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7.
- Ruwisch, Silke/Peter-Koop, Andrea (Hrsg.) (2003): Gute Aufgaben im Mathematikunterricht der Grundschule. Offenburg: Mildenerger.
- Schoenfeld, Alan H. (1983): Beyond the Purely Cognitive: Belief Systems, Social Cognitions, and Metacognitions As Driving Forces in Intellectual Performance. In: Cognitive Science, Bd. 7, H. 4, S. 329–363. URL: doi.org/10.1207/s15516709cog0704_3.
- Schoenfeld, Alan H. (1985): Mathematical problem solving. Orlando: Academic Press.
- Schüpbach, Jürg (2011): Hält die ‚Nahtstelle‘, was sie verspricht? Hinweise zur ‚Theorie und Praxis‘ in der Unterrichtsbesprechung. In: Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung, Bd. 11, H. 3, S. 34–39.
- Schütte, Sybille (2008): Qualität im Mathematikunterricht der Grundschule sichern: Für eine zeitgemäße Unterrichts- und Aufgabenkultur. München: Oldenbourg.
- Selter, Christoph/Pliquet, Verena/Korten, Laura (2016): Aufgaben adaptieren. In: Institut für Mathematik und Informatik der PH Heidelberg (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2016, S. 903–906. URL: eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/35262/1/BzMU%202016%20Selter%20Aufgaben%20adaptieren (17.08.2021)
- Syskowski, Sabrina (2021): Digitales Lehr-Lern-Labor „makeScience!“ der PHKA – Entwicklung hin zu einem digitalen Lehr-Lern-Labor. In: Graulich, Nicole/Huwer, Johannes/Banerji, Amitabh (Hrsg.): Digitalisation in Chemistry Education: Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie. Münster: Waxmann, S. 71–80.
- Toulmin, Stephen (1975): The uses of argument. Cambridge: University Press.

- Vogel, Rose (2018): Portfolioarbeit in der Grundschullehrerausbildung – ‚Lernraum‘ zur Anbahnung eines professionellen mathematikdidaktischen und mathematischen Unterrichtshandelns. In: Möller, Regina/Vogel, Rose (Hrsg.): Innovative Konzepte für die Grundschullehrerausbildung im Fach Mathematik. Wiesbaden: Springer, S. 197–218.
- Vogelsang, Christoph/Reinhold, Peter (2013): Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, H. 19, S. 103–128.
- Vogler, Anna-Marietha (2020): Mathematiklernen im Kindergarten: Eine (mehrperspektivische) Untersuchung zu Chancen und Hürden beim frühen mathematischen Lernen in Erzieher*innen-Situationen. Münster: Waxmann.
- Vygotsky, Lev (1978): Mind in society: The development of higher psychological functions. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Walther, Gerd (2004): „Gute Aufgaben“ Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN). Universität Kiel. URL: sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_STG/Mathe-Module/Mathe1 (12.08.2021).
- Wittmann, Erich Ch. (1998): Design und Erforschung von Lernumgebungen als Kern der Mathematikdidaktik. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 16, S. 329–342.
- Wittmann, Erich Ch. (2001): Developing mathematics education in a systemic process. In: Educational Studies in Mathematics, Bd. 48, H. 1, S. 1–20. URL: doi.org/10.1007/978-94-010-9046-9_5.

Informationen zu den Autorinnen

Charlotte Rechtsteiner ist Professorin für Mathematik und ihre Didaktik mit dem Schwerpunkt Grundschule an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Ihre Forschungsschwerpunkte sind u. a. die Entwicklung flexibler Rechenkompetenzen sowie die Kognitive Aktivierung und Strukturierung in und mit mathematischen Unterrichtsgesprächen.

rechtsteiner@ph-ludwigsburg.de

Nina Sturm ist Professorin für Mathematik und ihre Didaktik mit dem Schwerpunkt Grundschule an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Ihre Forschungsschwerpunkte sind u. a. die Entwicklung und Förderung von Problemlösekompetenzen sowie die Kognitive Aktivierung und Strukturierung in und mit mathematischen Unterrichtsgesprächen.

nina.sturm@ph-ludwigsburg.de

Jasmin Sprenger ist akademische Rätin am Institut für Mathematik und Informatik an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Schwerpunktmäßig beschäftigt sie sich mit der Förderung von Kindern mit Schwierigkeiten beim Mathematiklernen.

sprenger@ph-ludwigsburg.de

Alexandra Scherrmann ist akademische Rätin am Institut für Mathematik und Informatik der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Ihre Forschungsinteressen liegen u. a. beim arithmetischen Lernen und in den Bereichen von Größen und Messen.

scherrmann@ph-ludwigsburg.de

Claudia Wörn ist akademische Oberrätin an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Ihr Interesse liegt wesentlich auf der Verzahnung von Theorie und Praxis in der Lehramtsausbildung.

woern@ph-ludwigsburg.de

Zitationshinweis:

Rechtsteiner, Charlotte/Sturm, Nina/Sprenger, Jasmin/Scherrmann, Alexandra/Wörn, Claudia (2021): MathendO – Mathematik entdecken – Online. Ein synchrones digitales Lehr-Lern-Format für Grundschulkinder und Studierende. In: Online-Magazin *Ludwigsburger Beiträge zur Medienpädagogik*, Ausgabe 21/2021. URL: medienpaed-ludwigsburg.de/