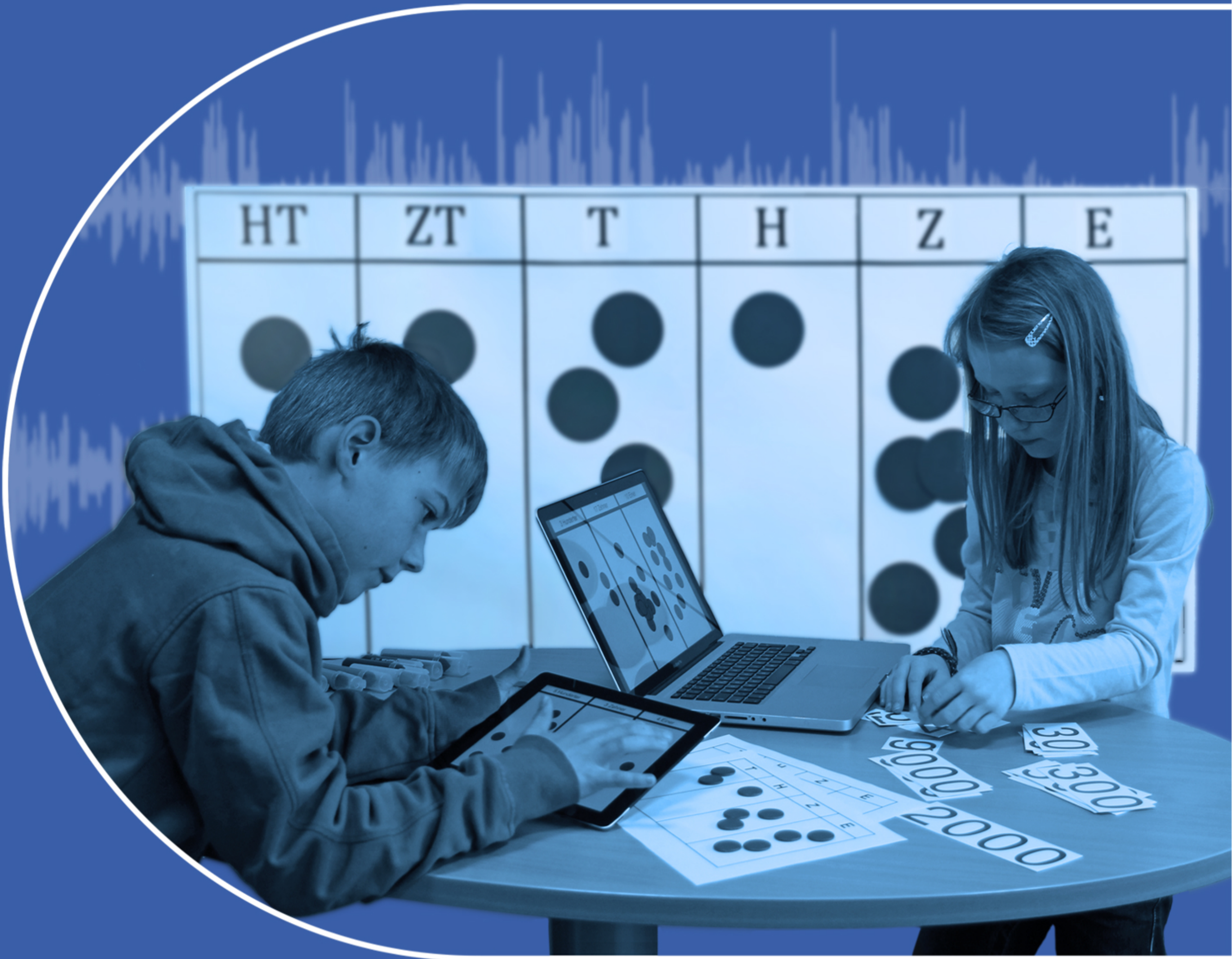


Silke Ladel & Christof Schreiber (Hrsg.)



Von Audiopodcast bis Zahlensinn

WTM
Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien
Münster

Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien 2

Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien in der Primarstufe

Herausgegeben von
Silke Ladel und Christof Schreiber

Band 2

**SILKE LADEL / CHRISTOF SCHREIBER
(HRSG.)**

**VON
AUDIOPODCAST
BIS
ZAHLENSINN**

WTM
Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien
Münster

**Bibliografische Information der Deutschen
Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese
Publikation in der Deutschen Nationalbibliogra-
fie; detaillierte Informationen sind im Internet
über <http://www.dnb.de> abrufbar

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf
ohne schriftliche Einwilligung des Verlags in
irgendeiner Form reproduziert oder unter Ver-
wendung elektronischer Systeme verarbeitet, ver-
vielfältigt oder verbreitet werden.

© WTM – Verlag für wissenschaftliche Texte und
Medien, Münster 2015
ISBN 978-3-942197-63-2

Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Herausgeber.....	3
Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule – Innovation auf dem Tablet serviert?	7
<i>Günter Krauthausen</i>	
Audio-Podcasts zu mathematischen Themen – Begriffsbildung mit digitalen Medien.....	31
<i>Christof Schreiber & Rebecca Klose</i>	
„Lass’ dir die Aufgabe doch vorlesen!“ – mit digitalen Medien Schwierigkeiten beim Sachrechnen begegnen.....	61
<i>Roland Rink</i>	
Die computergestützte Lernumgebung „Geolizi“: Ein Versuch zur Implementierung digitaler Medien im Geometrieunterricht der Grundschule.....	77
<i>Markus Reiter</i>	
Prozessbezogene Kompetenzen – illustriert durch prototypische Aufgaben mit der Werkzeug-Software BlockCAD.....	95
<i>Bernd Wollring</i>	
Developing number sense with <i>TouchCounts</i>	125
<i>Nathalie Sinclair & Einat Heyd-Metzuyanim</i>	
Tätigkeitsorientiert zu einem flexiblen Verständnis von Stellenwerten – Ein Ansatz aus Sicht der Artefact-Centric Activity Theory.....	151
<i>Silke Ladel & Ulrich Kortenkamp</i>	
Schüler-Modelle – Vorstellungen bezüglich der Entwicklung von Lernenden Arithmetikus als Beispiel.....	177
<i>Joost Klep & Anna Lohfink</i>	
Zu den Autoren.....	209

Vorwort der Herausgeber

Immer mehr und immer neue digitale Medien halten Einzug in die Grundschulen. Ist der PC von didaktischer Seite aus nie richtig im Mathematikunterricht der Primarstufe angelangt, so folgen auch schon interaktive Whiteboards, Tablets und multi-touch-fähige Geräte. Möglicherweise bergen aber gerade diese ‚neuen‘ digitalen Medien Potenziale, die deren Einsatz in der Grundschule rechtfertigen und zu einer qualitativen Verbesserung des Lehrens und Lernens von Mathematik führen können. So entfallen beispielsweise Probleme bzgl. der Handhabung der Maus bei *touch*-fähigen Geräten, soziale Isolierung ist durch *Collaborative Learning* an digitalen Tischen kein Thema mehr. Durch die neuen Entwicklungen in der Technologie ergeben sich große Potenziale bzgl. der Unterstützung mathematischer Lernprozesse.

Laut aktueller Studie der BITKOM (2014) hält jedoch ein Drittel der Lehrer die Ausstattung der Schulen mit digitalen Medien nur für ‚mittelmäßig‘. Dabei möchte jeder zweite diese gerne häufiger im Unterricht nutzen (vgl. ebd.). Dies unterstreichen zahlreiche Einzelprojekte an Schulen. Knapp 80% der Lehrpersonen fordern (mehr) Weiterbildung, hier besteht ein hoher Bedarf. Allerdings sollte bzgl. des Einsatzes digitaler Medien nicht erst in der *Weiterbildung*, sondern bereits in der *Ausbildung* von Lehrpersonen begonnen werden. An immer mehr Universitäten ist das bereits der Fall, wobei die Studierenden meist ihre eigenen Geräte in die Veranstaltungen mitbringen (BYOD-Modell „Bring your own device“), deren Einsatz und Nutzen dort bereits selbstverständlich ist. Die Entwicklung passender didaktischer Konzepte ist jedoch nach wie vor die wichtigste Aufgabe. Dabei wird es nicht ‚das eine‘, ‚das richtige‘ Konzept geben. Der Einsatz digitaler Medien beim Lehren und Lernen ist viel zu komplex, als dass er sich in wenigen Konzepten festhalten ließe. Zu viele Faktoren beeinflussen die Prozesse, nicht zuletzt sind insbesondere die Auswahl der Anwendung sowie die Lehrperson von entscheidender Bedeutung. Es sollten daher möglichst viele Beispiele didaktisch wertvoller Einsatzmöglichkeiten gebündelt und an ihnen die Vielfalt des Potentials aufgezeigt werden. Dies geschieht auf internationaler Ebene unter anderem beispielsweise durch die Bildung von Arbeitsgruppen, sowie in Deutschland durch die Arbeitsgruppe ‚PriMaMedien‘ im Arbeitskreis Grundschule der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, in dem die Mitglieder das Interesse an der Entwicklung, der Konzeption, dem Einsatz und der Bewertung digitaler Medien für den Mathematikunterricht in der Primarstufe

teilen. Auch dieser Band soll einen Beitrag dazu leisten, indem hier ganz unterschiedliche nationale und internationale Projekte und sinnvolle Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien aufgezeigt, begründet und gesammelt werden.

Zu den Inhalten dieses Bandes

Günter Krauthausen beginnt mit einem eher grundsätzlichen Beitrag zur Nutzung der digitalen Medien und zeigt nochmals die Erwartungen daran von verschiedenen Seiten auf. Er geht auf die Artenvielfalt der Nutzungsmöglichkeiten ein und verdeutlicht dies an Beispielen zum Verfassen mathematischer Texte, der Tabellenkalkulation, Internet Applets sowie iPad & Co. Zusammenfassend fordert er ein Primat der (Fach-)Didaktik statt der Medien, eine Professionalisierung der Lehrkräfte sowie eine konsequente(re) Positionierung der Fachdidaktik.

Im Artikel von *Christof Schreiber* und *Rebecca Klose* werden verschiedene Aspekte der Nutzung von mathematischen Audio-Podcasts zur Begriffsbildung aufgezeigt. Dazu wird zunächst der Erstellungsprozess von solchen mathematischen Podcasts dargestellt und als besondere Form ein englischsprachiger PriMaPodcast vorgestellt, der in einer bilingualen Klasse erstellt wurde. Die besondere Möglichkeit weiterer fremdsprachiger Podcasts auch in Sprachen, die nicht Unterrichtssprache sind, wird ebenso thematisiert, wie die Chancen in der Lehrerbildung. Hervorgehoben wird so das Potential, das die Verwendung von digitalen Medien im Mathematikunterricht im Bereich schriftlicher und mündlicher Kommunikation und Darstellungen bietet.

Roland Rink verwendet im Rahmen der Bearbeitung von Sachaufgaben die digitalen Medien um die Bearbeitung auditiv zu unterstützen. Obwohl gängige Sachaufgaben an mathematischen Mitteln meist nicht mehr als die Grundrechenarten voraussetzen, haben viele Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten damit. Die Diskussionen des Problems in der Literatur sind sehr vielfältig. Unter anderem werden Schwierigkeiten beim Übertragen der Sachsituation auf das mathematische Modell als Ursache ausgemacht. Roland Rink geht in seinem Beitrag darauf ein, wie es mit Hilfe auditiver Unterstützung gelingen kann, Kindern mit Schwierigkeiten beim Lesen zu helfen die Sachsituation einer Rechenaufgabe zu erfassen.

Mit dem Bereich der Geometrie setzt sich *Markus Reiter* auseinander. Er geht der Frage nach, wie eine didaktisch begründete Einbindung des Computers im Geometrieunterricht gestaltet werden kann und welche Möglichkeiten bezüglich des Forschens und Erprobens mit Hilfe von Computeranwendungen entstehen können. Markus Reiter bezieht sich auf geometrische Themenbereiche der

Volksschule in Österreich und beschreibt eine Lernumgebung, in der Kinder neue Inhalte eigenständig erarbeiten und allgemeine sowie mathematische Kompetenzen aufbauen können. Die entwickelte Lernumgebung bildet dabei die Basis für einen selbstständigen Lernprozess.

Mit geometrischen Themen beschäftigt sich auch *Bernd Wollring*. Er beschreibt die Werkzeug-Software BlockCAD zum virtuellen Bauen mit System-Steinen (etwa Lego®), die u.a. die Potentiale des Bewegens, Ladens und Speicherns, des Umfärbens und Exportierens von Bildern nutzt. Die Option mit Baugruppen zu arbeiten ermöglicht ökonomisches und kooperatives Arbeiten. Insbesondere unterstützt BlockCAD in spezifischen Lernumgebungen den Erwerb von prozessbezogenen Kompetenzen zum Inhaltsbereich ‚Raum und Form‘. Die prozessbezogenen Kompetenzen ‚Problemlösen, Darstellen, Argumentieren, Kommunizieren und Modellieren‘ werden durch prototypische Aufgaben mit BlockCAD charakterisiert.

Nathalie Sinclair und *Einat Heyd-Metzuyan* zeigen die Entwicklung des Zahlensinns von Kindern im Alter zwischen drei und fünf Jahren anhand ausgewählter Beispiele bei der Nutzung der App *TouchCounts* auf. Im Vordergrund stehen insbesondere verschiedene Möglichkeiten der Unterstützung beim Prozess der Vergegenständlichung von Zahlen mit Hilfe von *Touchcounts*. Diese Vergegenständlichung ist für das Verständnis des Kardinalzahlprinzips und für die weitere Arbeit mit arithmetischen Operationen grundlegend. Des Weiteren gehen Nathalie Sinclair und Einat Heyd-Metzuyan auf die emotionale und verkörperte Sichtweise der Entwicklung von Zahlensinn ein.

Ebenfalls mit der Arithmetik beschäftigt sich der Beitrag von *Silke Ladel* und *Ulrich Kortenkamp*. Als Grundlage für sicheres Rechnen und für das weiterführende Lernen von Mathematik steht hier der Erwerb eines flexiblen Verständnisses von Stellenwerten im Vordergrund. Nach der Darstellung der Kennzeichen unseres Stellenwertsystems fokussieren die beiden Autoren mit Hilfe der *Artefact Centric Activity Theory* die Bedeutung der Tätigkeit in Abhängigkeit vom verwendeten Material. Je nach eingesetztem Material können Handlungen an der Stellenwerttafel ganz unterschiedliche Bedeutung haben. An ausgewählten Beispielen wird das kindliche Verständnis von Stellenwerten exemplarisch aufgezeigt.

Joost Klep und *Anna Lohfink* betrachten unter einem informatischen Blickwinkel die Vorstellungen der Lehrpersonen über die Entwicklung von Schülerinnen

und Schülern im Unterricht als Schülermodelle. Es gibt viele Arten von Schülermodellen, die beim Interpretieren, beim Bewerten, beim Planen und beim Erstellen von Schülerberichten verwendet werden. Im Bereich digitaler Medien werden Schülermodelle in Computerprogrammen umgesetzt. Das Schülermodellkonzept wird in diesem Beitrag ausführlich analysiert und die Vielfalt von Schülermodellen charakterisiert. Das dem Unterricht gerechte Modellieren von Schülerentwicklungen als Daten und Prozesse ist eine der Aufgaben der informatischen Mathematikdidaktik. Dieses Modellieren wird hier anhand des Beispiels von dem Schülermodel Arithmeticus vorgestellt.

Hinweise zur Reihe

Die Reihe zum ‚Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien in der Primarstufe‘ richtet sich besonders an Studierende, Referendare und Referendarinnen, sowie Lehrende im Bereich der Lehrerbildung. Der Band ist also nicht in erster Linie an Lehrerinnen und Lehrer adressiert, was bedeutet, dass keine ‚Praxisbeiträge‘ zu erwarten sind. Das Ziel der beiden vorliegenden Bände ist es, Aufmerksamkeit zu schaffen für den Einsatz digitaler Medien zum Lernen, Lehren und Forschen im Mathematikunterricht der Primarstufe.

Im 1. Band der Reihe sind Beiträge der Aktivitäten der Arbeitsgruppe ‚PriMaMedien‘ gesammelt. Die Arbeitsgruppe tagt seit 2007 regelmäßig im Arbeitskreis Grundschule der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. Unter dem Namen ‚PriMaMedien – Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe‘ werden regelmäßige Treffen im Rahmen der Tagung der GDM, des Arbeitskreises Grundschule und darüber hinaus organisiert. Gemeinsames Interesse der Mitglieder dieser Arbeitsgruppe ist die Entwicklung, die Konzeption, der Einsatz und die Bewertung digitaler Medien für den Mathematikunterricht in der Primarstufe.

Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule – Innovation auf dem Tablet serviert?¹

Seit ca. 1990 wird über den Einsatz (damals nur) des PCs in der Grundschule nachgedacht. Meinungen rangier(t)en stets zwischen unkritischer Euphorie und oft ebenso unkritischer Ablehnung. Was kennzeichnet die Entwicklung seither? Vom C 64 bis zum iPad sind gewaltige technische Fortschritte zu verzeichnen und neue Optionen entstanden. Hat die Didaktik des Einsatzes digitaler Medien damit Schritt gehalten? Was ist zu konstatieren, was steht weiterhin auf der Agenda? Der vorliegende Beitrag fokussiert insbesondere auf die neuen Entwicklungen im Bereich der Tablets.²

Since the early 1990s there is a discussion about the use of digital media (foremost the PC) in mathematics education. Opinions range from uncritical euphoria to equally uncritical rejection. What about the new trends up to now? Tremendous progress with numberless new features can be stated from the C 64 to the iPad. Did the didactics of using digital media keep track with that? What can be stated, and what is still on the agenda? This article mainly deals with new trends in the range of tablet apps.

1. Erwartungen an digitale Medien

Digitale Medien wurden und werden von verschiedenen Seiten (z. B. Bildungspolitik, Hersteller mit Absatzerwartungen) gerne mit plakativen Versprechungen und als ein Non plus Ultra einer modernen Schule propagiert. In der Folge fragen bereits Eltern von Erstklässlern vor der Einschulung besorgt nach, ob die Schule auch mit Computern arbeite. Die Erwartungen an digitale Medien sind, je nach Standpunkt, vielfältig. Auch Lehrpersonen haben solche – u. a. im Hinblick auf die im Folgenden genannten Bereiche.

1.1 Umgang mit Heterogenität

Ein Lernangebot bereitzustellen, das für alle Kinder gleichermaßen optimale Lernchancen bietet, ist eine ausgesprochen anspruchsvolle Aufgabe. Der Lernmittelmarkt hält hier eine schier unüberschaubare und ständig wachsende Menge an Arbeitsblattsammlungen, Arbeitsheften, Lernspielen, Karteikartensystemen bereit, die es zunehmend auch in digitaler Form gibt – bis hin zu Gehirnjogging

¹ In Memoriam Prof. Dr. Helmut Meschenmoser (17.12.1959 – 6.11.2013), dem »Erfinder« von (u. a.) BAUWAS.

² Dieser Beitrag ist die ausgearbeitete und übersetzte Fassung eines Hauptvortrags auf dem International Symposium Elementary Mathematics Teaching/Prag (Krauthausen 2013) und beruht als solcher weitgehend auf Auszügen aus Krauthausen (2012).

auf Spielekonsolen oder Rechentrainer-Apps für Mobiltelefone. Die zugrunde liegende Philosophie ist in diesen Fällen sehr häufig: Viel hilft viel. Denn wenn der Unterricht für breit gestreute Leistungsstände differenzieren soll, dann ist *eine* denkbare Maßnahme (und gewiss nicht die effektivste und wünschenswerteste), möglichst zahlreiche und vielfältige Materialien/Medien bereitzustellen. In aller Regel liegt hier entweder eine quantitative Differenzierung vor (mehr oder weniger Aufgaben) oder eine qualitative Differenzierung (leichtere und schwerere Aufgaben). Kritisch hieran ist Folgendes (vgl. Krauthausen & Scherer 2013):

- Das Angebot ist – ungeachtet möglicher (Pseudo-)Wahloptionen des Nutzers – vorab und extern festgelegt, denn die Programmierer haben bereits ganz bestimmte Aufgaben sowie das Programm-Verhalten für alle (angenommenen) Nutzungs-Fälle implementiert und klassifiziert.
- Aufgabenschwierigkeit ist ein extrem subjektiver Begriff. Er kann nicht vorab entschieden werden. Und so bemisst sich die Schwierigkeit einer Aufgabe nicht allein daran, welche formal-syntaktischen Schritte zu ihrer Lösung erforderlich sind. All dies setzen aber Programmierer bzw. die entsprechenden Produkte (übrigens nicht nur digitaler Art!) voraus, indem behauptet wird, ein Programm würde sich ‚dem individuellen Lernstand anpassen‘, indem es (nach meist sehr schlichten Regeln, die sich dem Benutzer aber i. d. R. verschließen) auf eine ‚leichtere‘ oder ‚schwerere‘ Stufe schaltet. Diese Praxis wird vom Marketing gerne offensiv beworben, ungeachtet der Tatsache, dass dieses Vorgehen im Bereich der fachdidaktischen und lernpsychologischen Forschung als Illusion gilt.

Kein Medium kann aber gleichsam *per se* sachgerechte und effektive Differenzierung herstellen oder determinieren. Die unabdingbaren Anforderungen, die sich aus dem Postulat einer kind- wie sachgerechten Differenzierung ergeben und die selbst gut ausgebildete Lehrerinnen und Lehrer nicht selten vor große Schwierigkeiten stellen, sollten die Hoffnung relativieren, dass dies eine Maschine besser könne als die flexibel agierende, didaktisch professionelle Lehrperson. Die Hoffnung, bspw. durch den Einsatz einer Software quasi automatisch den Postulaten von Differenzierung und zeitgemäßem Unterricht gerecht werden zu können, ist also eine schon lange und bis heute immer wiederholte Behauptung (vgl. Bönsch 2009, S. 38), tatsächlich jedoch ein Trugschluss. Zumindest aber geht dies mit einem sehr reduktionistischen Verständnis von Begriffen wie Differenzierung, Individualisierung, Diagnostik etc. einher.

1.2 Öffnung des Unterrichts

Auch bzgl. dieser Erwartung sind im Unterricht Phänomene zu beobachten, die zwar – bei digitalen wie analogen Medien – zu bunten oder lebendigen Oberflächen und dem Eindruck ‚aktiver‘ Kinder führen, die de facto aber Offenheit mit Beliebigkeit verwechseln, was dann in der Folge leicht zum Ausdünnen bis hin zum Verschwinden des Sachanspruchs führen kann.

Der didaktische Wert von Offenheit kehrt sich aber dann um, wenn sie vorwiegend organisatorisch-methodisch verstanden und realisiert wird. Lerntheken, Lernbüros, Stationslernen und wie die Dinge alle heißen mögen, realisieren nicht schon als solche offenen Unterricht im Sinne des Konzepts und erst recht kein substanzielles Mathematiklernen. So gibt es durchaus offenen Unterricht mit geschlossener Mathematik (vgl. Steinbring 1999). Die Offenheit muss aber auch und v. a. aus dem Fach, den Inhalten kommen. Für Wittmann (1996) ist bei einer Öffnung des Unterrichts die fachliche Rahmung unabdingbar. Er hält „eine fachlich begründete genetische Strukturierung des Curriculums über die gesamte Schulzeit für absolut notwendig“ (ebd., S. 5). Und eine solche lassen immer noch die meisten digitalen Werkzeuge eklatant vermissen. Die didaktisch wohlüberlegte Auswahl und auch Aufbereitung geeigneter Lernumgebungen, Aufgaben- oder Problemstellungen ist und bleibt eine genuine Aufgabe des Lehrers bzw. der Lehrerin, die keineswegs trivial ist und nicht umsonst eines akademischen Studiums bedarf. Das kann kaum einer Software überlassen oder bereits vorimplementiert, und erst recht nicht einfach an die Kinder selbst delegiert werden. Wie also schon bei der Differenzierungsproblematik, so kann auch hier sachgerechte Öffnung von Unterricht nicht alleine qua Medium erfolgen.

1.3 Motivation und spielerisches Lernen

Die Polarisierung der angeblichen Gegensätze von Spielen und Spaß auf der einen und Lernen auf der anderen Seite wird ausgiebig von Software-Herstellern propagiert, da angeblich erst mit digitalen Medien die Motivation zum Lernen erweckt werden kann. Man findet zusammengewürfelte, pauschale Aussagen und Allgemeinplätze, verkürzt oder aus dem Zusammenhang gerissen wiedergegebene Forschungsergebnisse und ‚kreative‘ Folgerungen daraus. In Werbetexten oder der Tagespresse werden auch gerne die üblichen Klischees mit entsprechend anbiederndem Sprachduktus bemüht: Lernen wird als *Pauken* bezeichnet, Lehrpersonen sind *Pauker*, die einen mit *dröger Mathematik* belästigen, erst mit dem Computer wird Lernen endlich *Fun*.

Allzu unterschätzt, auch von manchen Lehrpersonen, wird dabei die motivationale Kraft, die der Mathematik als solcher für Grundschulkinder innewohnen kann. Und zwar nicht dadurch, dass sie geschickt in vermeintlich kindgemäße Sachzusammenhänge eingebunden wird, die manchmal die Grenzen zum Kindischen überschreiten. Es bedarf durchaus keiner gewaltigen Inszenierungen oder Motivationsakrobatik. Authentischer und ehrlicher ist es da, eine Mathematik anzubieten, die per se Substanz genug enthält, um spannend und fesselnd zu sein: Substanzielle Aufgabenformate oder andere gehaltvolle Lernumgebungen mit spannenden Fragestellungen gibt es heutzutage nun wirklich hinreichend viele.

Diese Kritik am Spaß-Argument besagt keineswegs, dass gutes Lernen keinen Spaß machen könne oder sollte, oder sobald etwas Spaß mache, habe es nichts mehr mit richtigem Lernen zu tun. Die keineswegs singulären Erfahrungen mit substanziellen Lernumgebungen sprechen eine deutlich andere Sprache. Effektive Lernprozesse zeichnen sich durch ein hohes Maß an Motivation und Freude aus, die allerdings aus der Sache erwachsen und nicht aus ihrer Verpackung. Spaß als ein unersetzlicher Bestandteil des Lernens ist also notwendig, aber nicht schon hinreichend. Dass Kinder etwas mit großer Motivation tun, heißt ja auch keineswegs schon immer, dass es sie auch geistig beansprucht. Lernfreude kann auch vordergründig sein und darin begründet liegen, dass das Kind sich gezielt einer anforderungsarmen Tätigkeit hingibt, um echten Anforderungen aus dem Weg zu gehen.

1.4 Entlastung im Unterricht

Die Unterrichtstätigkeit beinhaltet eine Vielzahl von Aufgaben für die Lehrerinnen und Lehrer. Auf digitale Medien werden hier vielfältige Hoffnungen auf Unterstützung projiziert. Das Problem dabei ist nicht, dass digitale Medien hier grundsätzlich fehl am Platze wären. Reflektiert und verantwortlich eingesetzt, *könnten* sie eine Unterstützungsfunktion wahrnehmen. Häufig werden aber die Grenzen dieser Unterstützung nicht erkannt und respektiert (vgl. Bartnitzky 2011). Und problematisch wird es v. a. dort, wo originäre Verantwortlichkeiten der Lehrperson z. T. sehr weitreichend bis vollständig ausgelagert und an die Maschine delegiert werden. Und diese übergebührlige Ausweitung des Zuständigkeitsbereiches ist durchaus verführerisch, v. a. weil sie sich auch wieder mit positiv zu besetzenden Etiketten versehen lässt.

Online-Systeme bspw. versprechen Unterstützung bei der Diagnose und Förderung von Schülerinnen und Schülern. Aber auch hier sollte man sehr genau hin-

schauen. Bartnitzky (ebd., S. 14) fragt: „Für wie blöd halten die Verlage eigentlich die Lehrerinnen und Lehrer der Grundschule?“ Und zwar deshalb, weil hier oft klischeehafte und überholte Verständnisse von Lernen und Lehren, überholte Praktiken oder Grundsätze programmierter Unterweisung, reduktionistische Inhaltsangebote, fachlich falsche Behauptungen und fragwürdige Heilsversprechungen enthalten sind. Bartnitzkys Argumentationen für den Deutschunterricht sind ohne Abstriche auf den Mathematikunterricht übertragbar: Er beklagt und belegt die fehlende Seriosität der Angebote, die irreführenden Suggestionen: „Es war noch nie so einfach, Förderbedarf zu ermitteln.“ Nein. Es ist eben gerade nicht einfach. Es bedarf der Fachkompetenz gut ausgebildeter und erfahrener Lehrkräfte“ (ebd.), oder: „Bildungsstandards leicht umzusetzen.“ Nein. Die Bildungsstandards der Kultusminister, die Grundlage aller Lehrpläne aller Bundesländer sind, sind überhaupt nicht leicht umzusetzen. [...] Den Bildungsstandards liegen moderne und anspruchsvolle didaktische Fachkonzepte des Deutsch- und Mathematikunterrichts zu Grunde und sie formulieren entsprechend komplexe Kompetenzen“ (ebd., S. 15).

Häufig dominieren bei derartigen Angeboten mechanistische Konzepte mit einer externen Diagnose ohne hinreichende Basis, zudem mit zum Teil sachlichen Mängeln behaftet und mit zahllosen Übungsblättern zum Download, „die eher einem Breitband-Antibiotikum ähneln als einer differenzierten Hilfestellung. Effizienzsteigerung und schmalspuriges Testen scheinen derzeit mehr im Fokus zu stehen als der Blick auf das Lernen und Lehren“ (persönliche Mitteilung einer Sprachdidaktikerin).

Weizenbaums ELIZA lässt grüßen ...! Der Computer-Pionier Weizenbaum war selbst entsetzt über die Art und Weise, wie sein Programm, das einen Psychiater simulierte und mit Patienten ein therapeutisches Gespräch führte, aufgenommen (d. h. ernst genommen) wurde. Er sei, so sagte er selbst, einer der wenigen Computerwissenschaftler gewesen, die ein witziges Programm geschrieben hätten (Humor war ihm sehr wichtig). Dieses witzige Programm war nach seiner eigenen Aussage ELIZA, und er selbst verstand es als Parodie (vgl. Weizenbaum & Wendt 2006). Ist angesichts dieser Erfahrungen mit ELIZA die Entsprechung von der Hand zu weisen, wenn Kinder den PC als ‚Lehrperson‘ akzeptieren und Lehrkräfte ein Online-Diagnosesystem als den wahren Experten akzeptieren, dessen Urteil sie mehr vertrauen als ihrer eigenen professionellen Expertise?

2. Artenvielfalt

Bestandsaufnahmen und Studien zeigen, dass die Nutzungsarten des Computers in deutschen Grundschulen recht einseitig verteilt sind (Krützer & Probst 2006, Behrens & Rathgeb 2013): Klar dominierend ist der Einsatz sog. ‚Lernsoftware‘, gefolgt von multimedialen Nachschlagewerken und Software mit Werkzeugcharakter wie etwa Textverarbeitung. Obwohl die Lernsoftware mit 96 % fast schon die einzige nennenswerte Anwendung digitaler Medien im Grundschulunterricht darstellt (Krützer & Probst 2006), soll im Folgenden nicht weiter darauf eingegangen werden. Und zwar aus einem ebenso überraschenden wie frustrierenden Grund: Seit Anfang der 1990er-Jahre wird in fachdidaktischen Publikationen die mangelnde didaktische Qualität dieser Produktgruppe beschrieben und beklagt. Bis heute sind ca. 95 % des Marktangebots didaktisch so fragwürdig, dass es um ca. 30 Jahre dem Erkenntnisstand zum Mathematiklernen hinterher hinkt. Beindruckende Oberflächen und Programm-Features zeigen, dass der technische Fortschritt zwar Einzug gehalten hat, die didaktische Qualität damit aber auch nicht im Ansatz Schritt gehalten hat. Die Ursachen sind vielfältig und können hier nicht aufgefächert werden (vgl. dazu Krauthausen 2012). Dass die Probleme für fachdidaktische Experten so offensichtlich sind und im Grunde bereits ohne tiefgreifende Feinanalyse auf der Hand liegen, sich dennoch aber daran in 25 Jahren nichts nennenswert verändert hat, mag auch mit dazu beigetragen haben, dass sich die Fachdidaktik lange Zeit anderen, offensichtlich drängenderen Fragen zugewendet hat, als sich immer wieder mit Selbstverständlichkeiten und Trivialitäten zu befassen. Im weiteren Verlauf soll daher auf alternative Nutzungsformen eingegangen werden, die daran gemessen mehr Sinn machen können. Aber auch hier wäre das in jedem Einzelfall kritisch zu prüfen.

2.1 WORD & Co. – Verfassen mathematischer Texte

Die Textverarbeitung wird oft und in erster Linie eher dem Sprachunterricht zugeordnet. Das Schreiben mathematischer Texte gehört aber, neben der Forschung selbst, zu den Tätigkeiten von Mathematikerinnen und Mathematikern in der Wissenschaft. Es ist also Bestandteil des Fachs bzw. des Betreibens von Mathematik. Die Konventionen des wissenschaftlichen Schreibens über Mathematik sind weder zwingend noch in natürlicher Weise aus dem Fach selbst ableitbar (Burton & Morgan 2000). Und wenn Mathematikunterricht mehr sein soll als der Transfer von Fakten und Fertigkeiten und das Ziel stattdessen auch heißt, ein authentisches Bild des Faches zu gewinnen, also „learning to be mathematical“ (ebd., S. 450), dann bedeutet Mathematiklernen und Mathematikunterricht – be-

ginnend schon in der Grundschule – die Befähigung zur Teilhabe an mathematischen Diskursen. Und das bedeutet auch, „sowohl ein Konsument als auch ein Produzent von Texten zu werden, die im Rahmen der Gemeinschaft als legitime mathematische Texte akzeptiert werden“ (ebd., S. 450, Übers. GKr).

Schon 1989 haben Borasi & Rose auf das Potenzial mathematischer Texte (sie sprechen von *journals*) hingewiesen:

„Durch das Schreiben von Journalen können die Lernenden ermutigt werden, ihre Gefühle, ihr Wissen, die Prozesse und Einstellungen gegenüber der Mathematik zum Ausdruck zu bringen und darüber zu reflektieren – und sich natürlich in all diesen Bereichen auch weiterzuentwickeln. Auf der anderen Seite kann die Lehrperson durch das Lesen der Schülertexte eine Fülle von Informationen über die Lernenden und den Unterricht als solchen erhalten – und konsequenterweise ihre Lehrtätigkeit optimieren. Und nicht zuletzt können solche Texte eine neue Form des Dialogs zwischen der Lehrperson und den einzelnen Lernenden etablieren. Dies fördert die individuelle Lernbegleitung ebenso wie eine hilfreiche Lernatmosphäre in der Klasse“ (Borasi & Rose 1989, S. 347; Übers. GKr).

Das Verschriftlichen von Gedankengängen führt generell zu einer Verlangsamung des Denkens. Das kann zu größerer Bewusstheit des Denkens beitragen. Was Heinrich von Kleist (1978) über „die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Reden“ schrieb, kann wohl mit Fug und Recht auch auf die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Schreiben übertragen werden. Diese allmähliche Verfertigung kann bereits während des Schreibprozesses selbst erfolgen (quasi-simultane Textproduktion und -revision) oder in sukzessiver Weise, wenn ein Textentwurf im Anschluss an eine Diskussion in der Rechenkonferenz einer Überarbeitung unterzogen wird, bis er zu einer als final akzeptierten Version gereift ist. Auf diese Weise können wertvolle Beiträge geleistet werden, die zu einer wachsenden Sensibilität für Sprache und damit erhöhter Sprachkompetenz führen – und natürlich zu vertieften Einsichten in mathematische Strukturen. Die Schreibmotivation dürfte es auch spürbar erhöhen, wenn selbst umfangreiche Überarbeitungen mit einem Texteditor einfach umzusetzen sind und sich dazu noch am Ende ein ästhetisch anschauliches und damit gerne vorzeigbares Endprodukt ergibt.

2.2 Tabellenkalkulation – „Was wäre wenn ...?“

Der reflektierte Umgang mit Daten gehört heute zu den wesentlichen Zielen nicht nur des Mathematikunterrichts. Wichtig für eine *Data Literacy* ist v. a. auch das Interpretieren, das Deuten von Daten und ihren Darstellungen in einem lebensweltlichen Kontext. Das hat unmittelbar lebensweltliche Bedeutung, denn

mit Hilfe der Darstellung von Daten kann (un-)bewusst ihr Informationswert manipuliert werden (vgl. Krauthausen & Lorenz 2008, S. 135; Krämer 1992).

Wenn der Fokus auf Reflexions-Kompetenzen liegt, dann kann die rein rechnerische, zeichnerische oder allgemein auf die Darstellung bezogene Arbeit jenem Medium aufgetragen werden, das dafür spezifisch besser geeignet ist, also z. B. einer Tabellenkalkulation. Das Werkzeug entlastet damit die Lernenden von (in diesem Zusammenhang) sekundären Tätigkeiten zugunsten der Arbeit auf höherem Niveau. In den Mittelpunkt rückt der eigentliche mathematische Inhalt – die Interpretation von Diagrammen, die Bedeutung unterschiedlicher Skalierungen etc. Mit der *Dynamisierung* des Rechenblatts wird zudem eine medienspezifische Funktion des digitalen Werkzeugs genutzt, die sich auf das mathematikdidaktisch zentrale ‚operative Prinzip‘ beziehen lässt (Wittmann 1985). So lassen sich operative Variationen in Form von Was-wäre-wenn?-Situationen durchspielen, interaktiv simulieren und ihre Auswirkungen betrachten, wie z. B. bei der Untersuchung des Brutverhaltens von Kohlmeisen (vgl. Abb. 1).

Arbeitsmappe Rechnen Kalkulieren Kopieren					
Die Kohlmeisen brüten 1 bis 2 mal pro Jahr. Das Weibchen legt jeweils 6 bis 12 Eier.					
	A	B	C	D	E
1	Jahr/Monat	Anzahl Altvögel	Anzahl Paare	Anzahl 1. Brut	Anzahl Junge
2	1/5	6	3	6	18
3		Anzahl 2. Brut	Anzahl Junge		Gesamtzahl
4	1/9	0	0		24
5		Anzahl Altvögel	Anzahl 1. Brut	Anzahl 2. Brut	Gesamtzahl
6	2/5	3	10		23
7	2/9	3	10	10	43
8					
Formel: $B7 + B7/2 * C7 * B7/2 * D7 = E7$					

Abbildung 1: Kalkulationsblatt mit den Anfangsbedingungen zur weiteren Berechnung (Wuschansky & van Lück 1993)

2.3 Internet Applets – Beispiel: WisWeb

Ein Internetzugang ist für Grundschulklassen inzwischen selbstverständlich, so dass Applikationen, die ohne separate Software im Browser laufen, einfach und kostenlos genutzt werden können. Manche³ dieser Applikationen sind mit er-

³ Ja, man muss diese allerdings in den gewaltigen Fluten des WWW kenntnisreich suchen ...

kennbar (fach-)didaktischem Know-how entwickelt, wie z. B. die Applets des WisWeb (2009). Das WisWeb⁴ ist ein Projekt des Freudenthal-Instituts der niederländischen Universität Utrecht. Es hat sich zum Ziel gesetzt, kleine Computeranwendungen (Applets, auch Thinklets genannt) für das Internet zu entwickeln und – unter Beteiligung von Lehrkräften – zu erproben. Auch wurden zusätzliche Unterrichtsmaterialien dazu entwickelt. Gewisse Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz von Applets sind allerdings zu wünschen (vgl. Koolstra 2001):

- Keine technischen Probleme mit dem PC oder der Internetverbindung
- gute Problemstellungen und eine sehr einfache und kurze Einführung in die Benutzung des Applets
- hinreichend kompetente Lehrkräfte, die motiviert sind, Zeit zu investieren, um darüber nachzudenken, wie eine App sinnvoll in Unterrichtskontexte integriert werden könnte.

Die Applets der deutschsprachigen Seite sind meist übersetzt. Man kann aber auch Applets anderer Sprachversionen nutzen, da sie i. A. selbsterklärend sind. Ggf. reicht eine kurze Einführung in die Handhabung. Häufig erschließen sich die Kinder den Sachverhalt aber auch experimentell selbstständig. Ein Beispiel sind die Varianten zu Würfelkonfigurationen, einem Thema des Geometrieunterrichts, inkl. hervorragender Möglichkeiten, geometrische und arithmetische Lernumgebungen in natürlicher Weise miteinander zu vernetzen. Ein vielfach rezipiertes Vorbild war bereits in den 1990er Jahren eine Entwicklung namens BAUWAS von Helmut Meschenmoser (1997; vgl. auch Kösch 1997; Sander 2003). Fachlicher Hintergrund ist hier die Dreitafelprojektion, d. h., geometrische Körper – hier Würfelgebäude – werden jeweils in der Grundriss-, der Aufriss- und der Seitenriss-Ebene dargestellt (vgl. Abb. 2).

Aus den Rissdarstellungen lässt sich der jeweilige Körper erschließen und z. B. mit Einheitswürfeln aus Holz nachbauen. Durchgängig sind relevante Übersetzungsleistungen zwischen den einzelnen Darstellungsmöglichkeiten gefordert: konkretes Modell, Rissdarstellungen, dreidimensionale Zeichnung. Die Digitalisierung einer solchen Lernumgebung (natürlich nach einer ausgiebigen Erkundung an realen Würfeln) wiegt Nachteile des konkreten Handelns auf, was auf einen medienspezifischen Mehrwert verweist:

⁴ Vgl. <http://www.fi.uu.nl/wisweb/en/welcome.html>

- Es stehen immer ausreichend viele Würfel zur Verfügung.
- Sie lassen sich per Mausklick exakt an die gewünschte Position setzen und wieder entfernen.
- Sie müssen nicht wieder weggeräumt werden.
- Die Bauwerke sind stabil.
- Die Gebäude können am Bildschirm mit der Maus um alle drei Raumachsen gedreht werden.

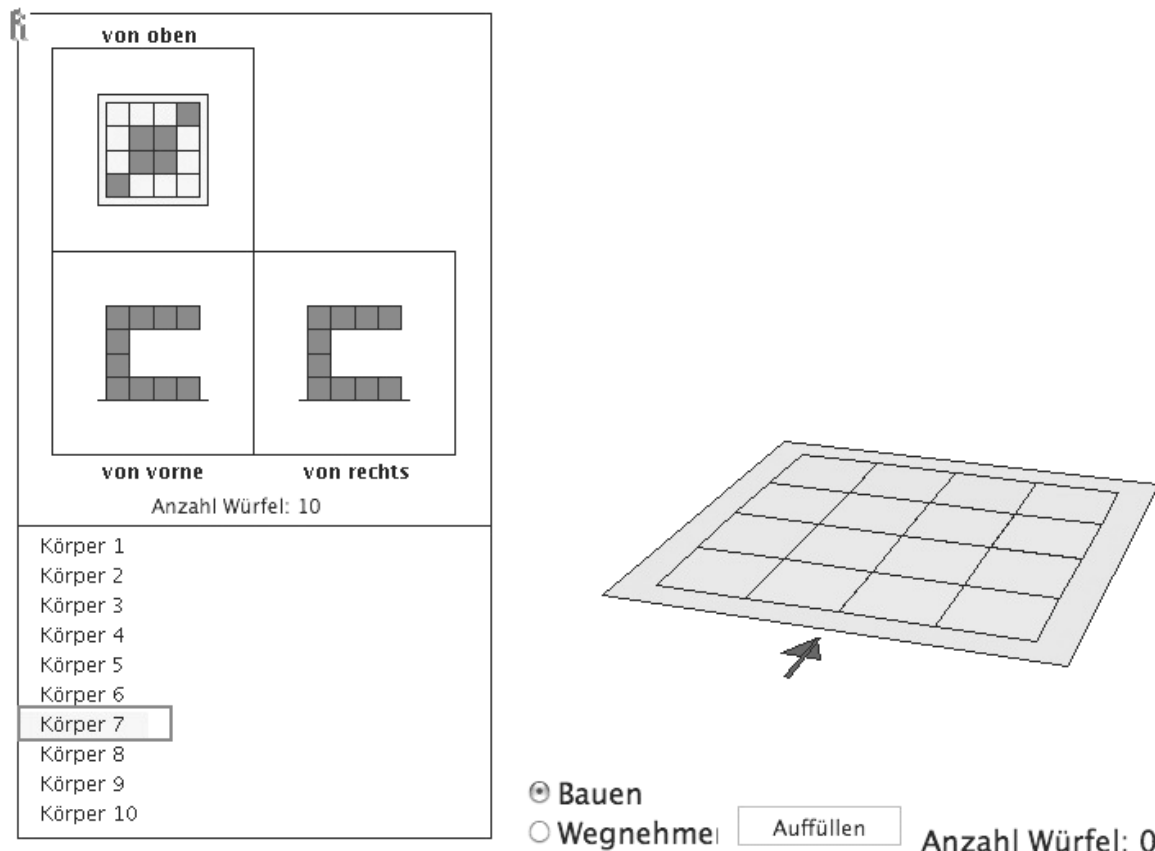


Abbildung 2: Applet Gebäude bauen 2 (WisWeb 2009)

Die medienspezifischen Vorteile *virtueller* Aktivitäten, also die Handlung an digitaler Objekten, können dabei durchaus Einfluss auf die Inhalte und ihr Verstehen nehmen: So lassen sich mit der Web-Applikation namens ‚Gebäude bauen‘ auch Würfelkonfigurationen erstellen, die mit realen Holzwürfeln physikalisch nicht möglich sind, wie z. B. hängende oder völlig frei schwebende Würfel. Diese Option kann bei gewissen inhaltvollen Problemstellungen, z. B. im Zusammenhang mit einer Dreitafelprojektion, absolut sinnvoll sein.

Zum Thema Würfelgebäude stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung (vgl. Krauthausen 2012):

- Gebäude bauen 1 (3D => Ansichten),
- Gebäude bauen 2 (Ansichten => 3D),
- Gebäude bauen 3 (Ansicht von oben; bewertete Grundrisse),
- Gebäude drehen,
- Gebäude nachbauen aus den drei Ansichten (Dreitafelprojektion).

So einfach die Applets gehalten sind, so sehr sind sie für gehaltvolles Geometrie-treiben geeignet. Wünschenswert ist einerseits, dass solche Aktivitäten sinnvoll in den Unterricht integriert werden, indem Lösungsstrategien, inhaltliche Fragen oder mathematische Konzepte eingebunden und diskutiert werden. Andererseits sind die Applets aber auch so konstruiert, dass sie von einzelnen Lernenden in selbst bestimmten Phasen des Unterrichts (Freiarbeit, Pausenzeiten etc., auch zu Hause) genutzt werden können und selbst in nur kurzen Phasen sinnvolle Aktivität ermöglichen.

2.4 iPad & Co. – „There’s an app for that“

Tablets sind in deutschen Grundschulen derzeit noch kaum regelhaft anzutreffen. Aber dennoch – oder gerade deshalb – macht es Sinn, über sinnvolle Optionen nachzudenken, denn so bleibt Zeit für eine besonnene Diskussion ohne die Hektik eines Handlungsdrucks. Das Angebot an Apps für Grundschulkinder, sogar für Kinder ab 2 Jahren (!), wächst explosionsartig. Dass sie vielfach kostenlos oder im unteren Preissegment von 1–5 Euro und damit in einer völlig anderen Kategorie als handelsübliche Software für Unterrichtszwecke liegen, erklärt einen Teil ihres Erfolgs. Der Durchbruch zum Massenmarkt ist offensichtlich erfolgt. In den USA wünschten sich im Jahre 2010 31 % der Kinder zwischen sechs und zwölf Jahren zu Weihnachten unter allen elektronischen Geräten am sehnlichsten ein iPad (Bärmann 2011) – wohlgemerkt: Das 1. iPad erlebte seine Markteinführung erst am 3. April desselben Jahres. Weihnachten 2011 betrug die Zahl bereits 44 % (nielsen 2011). Ein Jahr später wünscht sich knapp die Hälfte der 6-12-jährigen ein full-size iPad und 36 % ein iPad Mini, ein Gerät, das Weihnachten 2012 erst zwei Monate auf dem Markt war. Bei Jugendlichen und Erwachsenen zog die Attraktivität des iPad inzwischen sowohl am Fernseher als auch dem Smartphone vorbei und verdrängte 2011 erstmals den Computer von Platz 1. Gewisse Vorteile der Tablets gegenüber den in der Schule bislang noch dominierenden PCs sind nicht von der Hand zu weisen:

- handliche Größe und damit mobil,
- robust genug für den Unterrichtsalltag (strapazierfähige Cases),

- intuitives Handling (Gestensteuerung; *direct manipulation*),
- keine klassischen PC-Kenntnisse erforderlich,
- Apps meist ohne Erfahrung oder Anleitung gleich zu starten und zu bedienen,
- (zumindest quantitativ) boomendes Angebot an Apps für Kinder

Aber, so die schnell formulierte Frage: Wer soll das bezahlen? Bei neuen Technologien ante portas sind solche finanziellen Bedenken allerdings weder neu, noch ein k.o.-Argument, weil die Entwicklung rasend verläuft (vgl. Krauthausen 2012):

- 1983 wurde der Commodore C 64 als ‚Revolution des Lernens‘ verkauft. Sein Preis damals (umgerechnet und inflationsbereinigt): mehr als 1200 € – das iPad Air kostet je nach Modell ab 480 € (iPad Mini ab 390 €). Der Preisverfall ist bereits innerhalb eines Jahres eklatant.
- Das iPad der 2. Generation (Markteinführung März 2011; im Jahr 2013 wurde bereits die 5. Generation mit weit größerem Leistungsumfang eingeführt) konnte mit dem schnellsten Supercomputer des Jahres 1985, dem Cray 2, mithalten.

Wie beim PC und seiner Software gilt es aber auch bei Tablets und ihren Apps, die Quantität und die beeindruckenden technischen Daten nicht mit Qualität zu verwechseln. „Viele Apps spekulieren denn auch auf eine Kundschaft, die leicht zu begeistern ist – schnell zusammengepfuschte Billigware. [...] Die Skinner-Box [...] ist quasi das Urbild des Touchpad. Zweijährige nutzen es kaum anders, als auch eine Taube das täte: Sie tippen irgendwo hin, und wenn sie richtig getroffen haben, gibt es Effekte zum Lohn“ (Dworschak 2011, S. 125 f.). Und die Vielfalt der Apps ist groß. Hier nur die wichtigsten Kategorien:

Vorschul-Programme – Die neue Kundengruppe der 2-6-Jährigen wird offensiv erschlossen, u. a. ermöglicht durch die in diesem Alter alternativlose Gestensteuerung der Tablets. Diese Apps sind auf das unbedarfte Ausprobieren, die Zeige- und Touch-Metapher ausgelegt. Auffallend auch der Trend, Rechenfertigkeiten schon weit in das Vorschulalter hineinzuziehen – allerdings auf didaktisch zumeist recht fragwürdige Art und Weise.

Datenbanken – Hierbei handelt es sich um Informationssysteme wie *Sammlungen oder Quiz-Apps*: 1000 Vögel aus aller Welt (ebenso: Flugzeuge, Traktoren, Lokomotiven, Bagger, Pferde, Schiffe, Feuerwehrautos, Trucks, Automobile, Sportwagen, Polizeifahrzeuge, Tierbabys), Quiz-Apps vom Vogelstimmen-Quiz bis zu ‚Wer wird Millionär?‘.

Trainer – Eine weitere umfängliche Sorte stellen fertigkeitsdominierte Trainingsprogramme dar. *Flash Cards* (Karteikarten-Lernen) erfreuen sich hier großer Beliebtheit. Meistens werden sie genutzt, um Fakten zu memorieren. Die englischsprachigen Vertreter führen diese Problematik nicht selten gleich im Titel und schaffen dadurch zumindest begriffliche Transparenz (Math Drills, Math Fact Drills, Long Division Drills o. Ä.). Andererseits können digitale Flash Cards medienspezifische Möglichkeiten aufweisen, die sie ihren analogen Pendants überlegen machen (Video- und Audio-Einbindung). Insbesondere scheint das Flash-Card-Learning aber jenen Trend zu bedienen, bei dem Eltern, besorgt um die intellektuelle Entwicklung ihrer Kleinkinder, alles tun, um diese zu beschleunigen und ‚Baby Einsteins‘ hervorzubringen (vgl. Hirsh-Pasek & Golinkoff & Eyer 2004). Die drei Entwicklungspsychologinnen ermahnen Eltern nachdrücklich, innezuhalten und die drei großen *R* zu praktizieren: *Reflect*, *Resist*, *Recenter*.

Ausschnitte des Mathematik-Curriculums – Diese Kategorie enthält meist paradigmatische Gegenbeispiele zu fachdidaktisch durchdachter Praxis. In der Werbung werden – ähnlich wie bei der üblichen Praxis der Lernsoftware für PCs – Argumente als *Pros* genannt, die fachdidaktisch klassische *Contras* wären. Manche Anbieter belassen es auch nicht bei Ausschnitten, sondern suggerieren im Stile eines ‚Komplettpakets‘, dass alles enthalten sei, was man in einem bestimmten Schuljahr in Mathematik benötigt. Die fachdidaktischen Qualitätsstandards sind aber meist ebenso dürftig wie bei ihren entsprechenden PC-Versionen. Interessant (oder ärgerlich) auch, dass derartige Apps, die sich mit einem bekannten Verlags- oder PC-Software-Namen schmücken, meist deutlich teurer sind als andere, qualitativ durchaus bessere Produkte (s. nachfolgende Kategorie), die sich im App-typischen Rahmen von kostenlos bis max. 2 Euro bewegen.

Denk-, Knobel- und Strategiespiele – Eine interessantere Kategorie bilden da bekannte Denkspiele und Knobeleien wie z. B. NIM, Spiel 24, Tangram, Schiebepuzzles, Streichholzspiele, Memorys etc. Nicht zu vergessen die unzähligen Versionen und Variationen von Sudoku. Vertreter dieser Kategorie beeindrucken – neben der optischen Anmutung durch hohe Bildschirmauflösung – mit der direkten Manipulation durch Gestensteuerung, durch die Objekte wie bei den analogen Spielversionen mit dem Finger über die Fläche bewegt, platziert oder mit Hilfe zweier Finger einfach gedreht werden.