

Lehren und Lernen von Mathematik mit digitalen Medien – ein Blick in die (nahe) Zukunft

Vorwort

Dieser Beitrag benennt Potenziale und Möglichkeiten digitaler Medien und zeigt auf, wie diese mathematische Lehr- und Lernprozesse nachhaltig fördern und unterstützen können. Hierzu wird im Folgenden ausgehend vom digitalen Klassenzimmer, in dem ein interaktives Whiteboard mit einem hohen Maß an Interaktion in den Unterricht integriert ist und verschiedenste digitale Medien miteinander verknüpft sind, auf zwei bedeutsame technologische Fortschritte der letzten Jahre eingegangen. Es wird aufgezeigt, wie die Touch- sowie die Multitouch-Technologie in Zukunft mathematische Lehr- und Lernprozesse unterstützen kann. Weitere technologische Entwicklungen ermöglichen zudem nicht nur einen kombinierten Einsatz physischer und virtueller Materialien parallel zueinander, sondern insbesondere einen Einsatz in gegenseitiger Interaktion. Chancen werden an einem Beispiel aus der Geometrie sowie an einem weiteren Beispiel aus dem Bereich der Arithmetik aufgezeigt.

Wie im Teil 2 dieses Buches bereits dargestellt (vgl. Ladel in diesem Band) sind insbesondere die Software sowie die fachdidaktischen Konzepte für eine erfolgreiche Integration digitaler Medien in den Mathematikunterricht der Primarstufe von Bedeutung. Während die Technologie weit entwickelt ist und zahlreiche Potenziale und Möglichkeiten zur Unterstützung mathematischer Lehr- und Lernprozesse ermöglicht, hinkt die Entwicklung guter Software und damit verbundener fachdidaktischer Konzepte hinterher. In den letzten Jahren hat sich in der mathematikdidaktischen Forschung jedoch einiges bewegt (vgl. Ladel/Schreiber 2012, 2014, 2016), und so besteht die Hoffnung, dass sich dies in den kommenden Jahren im Bereich der digitalen Medien intensivieren wird. Die Mathematikdidaktik darf sich ihrer Verantwortung nicht entziehen und muss dafür sorgen, sinnvolle Konzepte für den Einsatz digitaler Medien zu eruieren, zu erforschen und praxistauglich aufzubereiten.

Zudem wirft dieser Beitrag einen Blick in die (nahe) Zukunft und geht der Frage nach, wie der Mathematikunterricht der Primarstufe mit digitalen Medien in den nächsten Jahren aussehen kann. Der Stand der Technologie stellt dabei nur einen Aspekt einer komplexen Gesamtsituation dar, wobei die Technologieentwicklung sehr weit fortgeschritten und dem Bildungsmarkt weit voraus ist.

Das digitale Klassenzimmer

Das interaktive Whiteboard

Bereits seit über zehn Jahren gibt es internationale Projekte zur Ausstattung von Schulen mit interaktiven Whiteboards (im Folgenden: iWbs).¹ Seit 2002 werden z. B. in England Schulen mit Hilfe diverser Förderprogramme und Initiativen mit iWbs ausgestattet. Auch in Deutschland finden in den letzten Jahren iWbs verstärkt Einzug in die Schulen. Seitdem Hamburg mit dem Projekt »Interaktive Whiteboards im Unterricht« (2005/06) den Anfang machte, haben mehrere Bundesländer nachgezogen. Auch wenn die Zahl der Grundschulen noch relativ gering ist, so steigt die Zahl derer, die mit iWbs ausgestattet sind, stetig an. In den kommenden Jahren werden interaktive Whiteboards zur Standardausstattung jeder deutschen Grundschule gehören.

Die Ausstattung allein sagt jedoch nichts über deren Nutzung sowie deren Nutzen aus: »Simply having a piece of technology is not enough to increase student learning« (Andrews 2011, S. 474). Was die Nutzung angeht, so werden iWbs aktuell von Lehrpersonen noch häufig analog zur traditionellen Tafel als Ersatz genutzt. Es besteht jedoch die Annahme, dass mit steigender Medien- sowie fachdidaktischer Kompetenz der Lehrpersonen iWbs mit einem hohen Maß an Interaktion genutzt und in den Unterricht integriert werden, um neue Dinge auf innovative und kreative Weise zu realisieren sowie Lernprozesse zu unterstützen.² Was den Nutzen des interaktiven Whiteboards insbesondere für mathematische Lehr- und Lernprozesse angeht, so besteht aktuell noch ein Defizit an evidenzbasierten Ergebnissen. Zwar berichten wissenschaftliche Studien (vgl. u. a. Miller / Glover / Averis 2003, Higgins et al. 2005, Zevenbergen / Lernmann 2007) von positiven Effekten wie z. B. Motivationssteigerung, diese sind jedoch vorrangig allgemeiner und nicht fachspezifischer Art. Allerdings können diesbezüglich keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden: Die Unterrichtssituationen sind dafür zu komplex und die Verwendung von iWbs variiert zu sehr. Es können jedoch Potenziale des iWbs eruiert werden, die mathematische Lehr- und Lernprozesse in Zukunft unterstützen können. Hierzu sind in den nächsten Jahren vorrangig fachdidaktische Konzepte für den Einsatz von iWbs zu entwickeln, die zeigen, wie die Potenziale fruchtbar gemacht und mit der geeigneten Software sinnvoll im Mathematikunterricht genutzt werden können. Entscheidend ist u. a. eine stärkere Anbindung an die mathematikdidaktische Zielsetzung unter Einbezug technischer und pädagogischer Kompetenzen.

1) Für einen Überblick s. Irion / Sweeney (2010).

2) Vgl. hierzu die fünf Niveaustufen der Whiteboard-Nutzung (Beauchamp 2004, Sweeney 2008).

Potenziale des iWbs zur Unterstützung mathematischer Lehr- und Lernprozesse betreffen insbesondere die Nutzung von Veranschaulichungen und Material (vgl. u. a. Krauthausen 2012). Filme und Bilder können schnell und ohne großen Aufwand aufgerufen werden. Kann eine Realbegegnung nicht oder nur unzureichend stattfinden, so kann vorher Unsichtbares nun visualisiert werden. Die Einbindung von Internetquellen erleichtert dies. Auch der Einsatz von Material zur Veranschaulichung mathematischer Inhalte, der häufig aufgrund eines zu hohen finanziellen oder zeitlichen Aufwands entfällt, kann durch die Nutzung des iWbs gefördert werden. Die Internetseite www.gynzy.com bietet hierzu beispielsweise eine gute Grundlage (Abb.1).



Abb. 1: Material der Webseite www.gynzy.com

Materialien wie die Uhr, verschiedene Würfel, der Rechenrahmen sind so verfügbar, verschiedene geometrische Formen können flexibel und in beliebiger Anzahl genutzt werden. Dynamisierte Veranschaulichungen sowie eine automatische Verknüpfung verschiedener Repräsentationsformen enthalten das grundsätzliche Potenzial, den Aufbau mentaler Modelle beim Kind zu unterstützen.

Durch den verstärkten Einzug interaktiver Whiteboards in den Mathematikunterricht der Grundschule sowie die wachsenden Erfahrungen verbunden mit einer besseren mediendidaktischen und fachdidaktischen Kompetenz der Lehrpersonen und der Konzeption fachdidaktischer Konzepte werden interaktive Whiteboards zukünftig mehr und besser im Unterricht genutzt werden.

Verknüpfung mehrerer Geräte und Learning Analytics

Das interaktive Whiteboard dient jedoch nicht nur zur Veranschaulichung und Bereitstellung von vielfältigem Material. Es ist insbesondere auch zur Illustration von Arbeitsergebnissen aus Einzel- oder Gruppenarbeiten und für die anschließende Diskussion im Klassenverband geeignet. Der Erwerb der prozessbezogenen Kompetenzen Kommunizieren, Argumentieren und Darstellen (vgl. KMK 2005) kann dadurch unterstützt werden. Dazu ist es von technischer Seite aus notwendig, verschiedene Geräte untereinander zu

verknüpfen. Eine solche Verknüpfung ermöglichen beispielsweise ClassFlow (<https://classflow.com>), SMART amp (www.smartamp.com) oder Apple TV mit der App iTunes U (iTunes S.a.r.l. 2015). Zunächst erstellen die Lehrpersonen eine Klasse und geben die einzelnen Schülerdaten ein. Es besteht die Möglichkeit, individuelle Schülerprofile zu erstellen und dadurch jedem einzelnen Schüler individuell Aufgaben zuzuweisen, Material zur Verfügung zu stellen oder Hilfestellungen zu geben. Die Schüler loggen sich über ihren Account ein und bearbeiten die Aufgaben einzeln oder in Gruppen. Über einen Echtzeitstatus kann die Lehrperson den individuellen Fortschritt jedes einzelnen Schülers verfolgen. Nach Beendigung der Bearbeitungszeit können die Ergebnisse der Klasse am interaktiven Whiteboard gesammelt, verglichen und analysiert werden. Wurde beispielsweise die Achsen- und Drehsymmetrie im Unterricht behandelt, so bietet die App Symmetry School: Learning Geometry (Pixelsoup Limited 2013) den Kindern die Möglichkeit, am Tablet selbst achsen- oder drehsymmetrische Figuren zu erstellen. Diese werden anschließend am interaktiven Whiteboard gesammelt. So werden die Arbeiten jedes einzelnen Kindes gewürdigt und den anderen Schülern sichtbar gemacht (Abb. 2). Im Folgenden können die Ergebnisse am interaktiven Whiteboard gemeinsam weiterverarbeitet werden, indem z. B. Symmetrieachsen eingezeichnet werden und eine Kategorisierung der verschiedenen Bilder je nach Art der Symmetrie erfolgt.



Abb. 2: Verknüpfung mehrerer digitaler Medien im Unterricht

Häufig wird von den Programmen, die eine Verknüpfung verschiedener Medien ermöglichen, auch ein Analyseinstrument angeboten. Dieses ermöglicht es der Lehrperson, in regelmäßigen, kurzen Zeitabständen die Lernfortschritte der Schüler zu analysieren. So kann frühzeitig in den Lernprozess eingegriffen und der Gefahr sich verfestigender Fehlvorstellungen

begegnet werden (vgl. hierzu beispielsweise Rebholz/Libbrecht/Müller 2012). Bezüglich der Abhängigkeiten zwischen einzelnen Lernfaktoren und der Analyse aus mathematikdidaktischer Sicht besteht noch ein großes Defizit. Zwar gibt es bereits computerbasierte Tests (z. B. Bielefelder Rechentest BIRTE (Schipper/Wartha/von Schroeders 2014)), welche die Lehrpersonen bei der Diagnostik unterstützen und helfen, passende Förderpläne aufzustellen. Jedoch muss zum einen die Frage geklärt werden, wie solche Diagnosen auf Anwendungssituationen im konkreten Unterricht mithilfe der Verknüpfung mehrerer Geräte übertragen werden können. Zum anderen dürfen die Inhaltsgebiete nicht auf arithmetische Kompetenzen beschränkt bleiben.

Werden diese Fragen geklärt, so können derartige Programme Lehrpersonen in ihrer Diagnoseaufgabe nachhaltig unterstützen. Unbestritten ist aber auch, dass zur genauen Klärung von Fehlerursachen immer diagnostische Interviews und Gespräche mit dem einzelnen Kind stattfinden müssen. Das bedeutet konkret, dass mit der Entwicklung entsprechender Analyseinstrumente die diagnostischen Kompetenzen der Lehrpersonen weiter ausgebildet werden müssen.

Technologische Entwicklungen

Die Touch-Technologie

Die visuelle Wahrnehmung gilt als Voraussetzung für räumliches Denken und das räumliche Vorstellungsvermögen. Dieses entwickelt sich bei Kindern bis zu einem Alter von sieben Jahren (Frostig/Müller 1981). Demnach besitzen Kinder im Grundschulalter hierin grundlegende Fähigkeiten. Dennoch haben einige Kinder in diesem Bereich große Lücken. Entsprechend ist die visuelle Wahrnehmung im Mathematikunterricht insbesondere in der ersten Klasse zu fördern. Für den Umgang mit der Maus als Eingabeinstrument ist insbesondere der Bereich der visuomotorischen Koordination

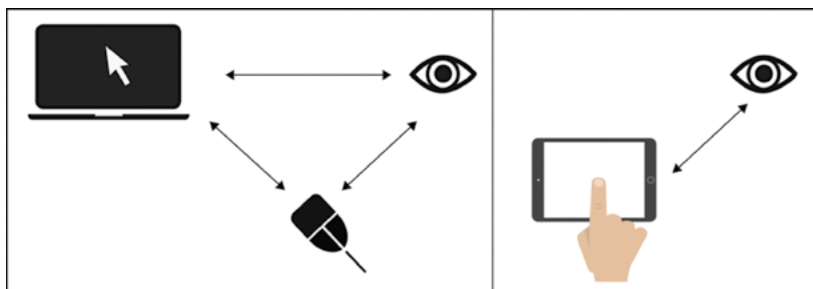


Abb. 3: Hand-Auge-Mauszeiger-Koordination mit dem PC (links) bzw. Hand-Auge-Koordination mit dem Tablet (rechts)

von Bedeutung. Darunter wird die Fähigkeit des Menschen verstanden, das Sehen mit dem eigenen Körper oder Teilen des Körpers zu koordinieren, hier die Auge-Hand-Koordination (Franke 2008). Während die Finger bzw. Hand mit der Maus sich an einer ganz anderen Stelle befinden wie der Mauszeiger, können am Tablet benötigte Objekte direkt mit dem Finger »angefasst« werden (vgl. Dohrmann 2016). Am PC muss das Kind demnach nicht nur zwischen Hand und Auge, sondern zusätzlich noch Hand und Auge mit dem Mauszeiger koordinieren. Es handelt sich also vielmehr um eine Hand-Auge-Mauszeiger-Koordination.

Zudem können die Bewegungen mit der Hand auf der Maus nicht eins zu eins in die Bewegungen des Mauszeigers auf der Bildschirmfläche übersetzt werden. Eine Maus kann hochgehoben und an beliebiger Stelle wieder abgesetzt werden, ohne dass sich die Position des Mauszeigers ändert. Auch die Maßstäbe der Bewegung mit der Maus und dem Mauszeiger stimmen nicht überein. Dadurch haben insbesondere junge Kinder Schwierigkeiten im Umgang mit der Maus. Durch die technologische Entwicklung der Touch-Funktion konnte diese Schwierigkeit der Dreifach-Koordination behoben werden. Die Kinder sind nun in der Lage, mit ihren Fingern direkt auf dem Bildschirm zu handeln und mit virtuellen Objekten zu operieren (Ladel/Kortenkamp 2011). Dies führt dazu, dass der PC – obwohl er nie richtig im Mathematikunterricht der Grundschule angekommen ist – durch Tablets ersetzt werden wird. Dies bietet Chancen insbesondere für die enaktive Phase mathematischer Lernprozesse. So ist davon auszugehen, dass in Zukunft in den Grundschulen kaum noch Computerräume oder -ecken eingerichtet, sondern die Klassen mit Tablets ausgestattet werden.

Die *Multi-touch-Technologie*

Neben den inhaltsbezogenen Kompetenzen spielen die prozessbezogenen Kompetenzen im Mathematikunterricht eine wichtige Rolle. Hierzu zählt neben dem Problemlösen, dem Darstellen von Mathematik und dem Modellieren das Argumentieren und Kommunizieren. Insbesondere für die beiden letzten ist es von Vorteil, wenn Kinder mindestens zu zweit an einem Lerngegenstand arbeiten. Problem des PCs ist, dass immer nur eine Person die Maus bedienen kann (single) und dadurch Einzelarbeit am PC dominiert. Dies kann zwar auch in dem Sinne genutzt werden, dass die Kinder lernen müssen, sich abzusprechen bzw. sich zu einigen. Die Entwicklung der Multitouch-Technologie ermöglicht es nun jedoch, mit mehreren Kindern gleichzeitig und gemeinsam an einem Lerngegenstand zu arbeiten (Dohrmann/Kortenkamp/Ladel 2012) (Abb. 4 links). Es bedarf natürlich auch hier geeigneter Aufgaben zur Gruppenarbeit, aber die Grundvoraussetzung ist durch die Technik gegeben. Insbesondere wenn der Bildschirm in Form eines sogenannten Multitouch-Tisches verarbeitet ist. So werden in Zukunft

diese Multitouch-Tische immer mehr Einzug in die Klassenräume finden. Was von Forschern und Entwicklern der Durham University³ noch 2012 als »Star Trek Classroom« (Abb. 4 rechts) betitelt wurde, kann so in einigen Jahren bereits Realität sein.



Abb. 4: Multitouch zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen (Foto: Iris Maurer) (links); das »Star Trek Classroom« der Durham University (2012) (Quelle: <https://waack.org/2012/12/03/multi-touch-tables-in-the-classroom/>) (rechts)

Doch nicht nur auf die Förderung der prozessbezogenen, auch auf die der inhaltlichen Kompetenzen wirkt sich die Multitouch-Technologie aus. Software und Apps zur Förderung mathematischer Kompetenzen nutzen die Multitouch-Technologie bereits jetzt, es sind jedoch verstärkt Bemühungen notwendig, die Unterstützungsmöglichkeiten der Multitouch-Technologie hinsichtlich mathematischer Lernprozesse zu eruieren und zu nutzen. Hierauf wurde in Teil 2 dieses Bandes bereits eingegangen. Dieser Bereich der quasi-simultanen Zahldarstellung steht aktuell im Fokus mathematikdidaktischer Forschung (z. B. Roesch / Ladel / Moeller 2015). Dies wird anhand der steigenden Anzahl von Apps zur Förderung des kardinalen Zahlverständnisses sowie der quasi-simultanen Zahldarstellung deutlich. Allerdings mangelt es diesen Anwendungen häufig noch am qualitativ hochwertigen Design, welche die Prinzipien der Mathematikdidaktik, der Mediendidaktik sowie der Gestaltpsychologie berücksichtigen. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass sich in den nächsten Jahre diesbezüglich einiges entwickelt und die jungen Kinder in ein paar Jahren in ihrer Entwicklung des Zahlverständnisses durch die digitalen Medien nachhaltig unterstützt werden können.

3) Für mehr Informationen s. Mercier et al. (2015), Mercier et al. (2013), Higgins et al. (2011)

Virtuell und physisch in Kombination und Interaktion

Die vier Phasen mathematischer Lernprozesse

Viele Lehrpersonen und Eltern hatten – gestützt durch viele Negativbeispiele – lange Zeit große Bedenken und Angst davor, dass die digitalen Medien den Umgang mit physischen Materialien ersetzen würden. Deshalb ist es bezogen auf das frühe Lernen von Mathematik wichtig zu betonen, dass der sinnvolle Einsatz digitaler Medien bei Kindern *ausschließlich in Ergänzung* zum Umgang mit den physischen Materialien erfolgen kann und muss. Dies sei im Folgenden näher erläutert:

Mathematische Lernprozesse arithmetischer Inhalte laufen in vier Phasen ab (vgl. Ladel 2009; Aebli 1983). Die Basis bilden Handlungen mit konkreten Materialien (Phase 1). Darauf aufbauend wird über ikonische (Phase 2) zu symbolischen Darstellungen (Phase 3) übergegangen mit dem Ziel der Automatisierung (Phase 4). Die Handlung mit konkreten Materialien bildet demnach die Grundlage jedes weiteren mathematischen Lernens. Diese wird häufig als Gegenargument für den Einsatz digitaler Medien im Primarstufenbereich herangezogen, was jedoch auf einem fehlerhaften Verständnis der Begriffe ›Handlung‹ sowie ›konkret‹ beruht. Eine Handlung definiert Aebli als *»zielgerichtete, in ihrem inneren Aufbau verstandene Vollzüge«* (1983, S. 182). Die Kinder müssen demnach zielgerichtet handeln, in vollem Bewusstsein dessen, dass sie eine Handlung ausführen, und sie müssen den *inneren Aufbau* dieser Vollzüge verstehen. Erst dann kann von einer Handlung die Rede sein. Willkürliches Hantieren mit Materialien ist hier ausgeschlossen. ›Konkret‹ darf nicht mit ›physisch‹ verwechselt werden, sondern ist als Gegenteil zu ›abstrakt‹ zu verstehen. Sarama und Clements (2009) unterscheiden hierbei zwischen sensorisch-konkretem Wissen und integriert-konkretem Wissen. Während sensorisch-konkretes Wissen immer dann genutzt wird, wenn sensorisches Material gebraucht wird, um Ideen einen Sinn zu verleihen, bildet sich integriert-konkretes Wissen erst im Laufe eines Lernprozesses heraus. Es zeigt sich in der Verknüpfung vieler Ideen zu einer verbundenen Wissensstruktur. Sensorisch-konkretes Wissen bezogen auf die konkrete Handlung meint insbesondere die visuellen Sensoren. *»Wenn eine Handlung effektiv ausgeführt wird, so hat der Handelnde die gegebenen Objekte sichtbar vor sich. Er kann sie sehen, eventuell hören, vielleicht tasten«* (Aebli 1983, S. 217).

Demnach ist es für den mathematischen Lernprozess arithmetischer Inhalte nicht entscheidend, ob die Handlungsobjekte physischer oder virtueller Natur sind. Dennoch ist es unumstritten, dass insbesondere im Bereich des räumlichen Vorstellungsvermögens Kinder zunächst mit physischen Gegenständen arbeiten und beispielsweise eine Ecke oder Kante fühlen müssen. Und so wird sinnvollerweise immer mehr dazu übergegangen, physische mit virtuellen Materialien zu kombinieren.

Physisch-virtuell am Beispiel der Geometrie

Das fun.tast.tisch-Konsortium (www.funtasttisch.at) hat es sich zum Ziel gesetzt, ein innovatives Softwaresystem mit Erkennung von angreifbaren Objekten für den Einsatz von Microsoft Pixsense im Trainingsbereich zu entwickeln. Dabei zeigt das Projekt an einigen Beispielen eindrucksvoll auf, wie physische und virtuelle Materialien sinnvoll miteinander kombiniert werden können, z. B. beim Perspektivenwechsel (Abb. 5, links): Während die physischen Objekte auf einem Multitouch-fähigen Tisch unterschiedlich platziert und verschoben werden können, werden gleichzeitig die entsprechenden Ansichten aus vier verschiedenen Perspektiven angezeigt. So kann eine Vielzahl an Aufgaben rund um das Thema Perspektiven erstellt und von den Kindern in gemeinschaftlicher Arbeit gelöst werden. Die physischen Körper können unterschiedlich angeordnet werden und die Kinder ordnen beispielsweise die verschiedenen Bilder korrekt zu. Oder es werden die Bilder vorgegeben und die Kinder müssen die Körper entsprechend korrekt aufstellen. Die Möglichkeiten abwechslungsreicher Aufgabenstellungen sind groß. Die Aufgaben sind dieselben wie mit non-digitalem Material (vgl. Röhr 1997), nur dass diese nun viel schneller und flexibler gestaltet werden können mit der Möglichkeit der sofortigen Rückmeldung.

Ein anderes Beispiel (Abb. 5, rechts) zeigt, wie Kinder physisch vorliegende Formen (im Beispiel ein Dreieck) auf verschiedene, auf dem Bildschirm gezeigte Formen legen können. Der Multitouch-Tisch (bzw. der angeschlossene Computer) erkennt die physische Form und gleicht diese mit der virtuellen ab. Die Vorteile des digitalen Mediums liegen hierbei insbesondere in der Flexibilität, der einfachen Handhabung sowie in der Fülle an Material, bezogen auf Aufgaben sowie Handlungsobjekte. Fun.tast.tisch arbeitet insbesondere mit neurologischen Patienten, die Einschränkungen der basalen, kognitiven Fähigkeiten aufweisen. Dies kann gerade hinsichtlich inklusiven Unterrichts von Interesse sein.

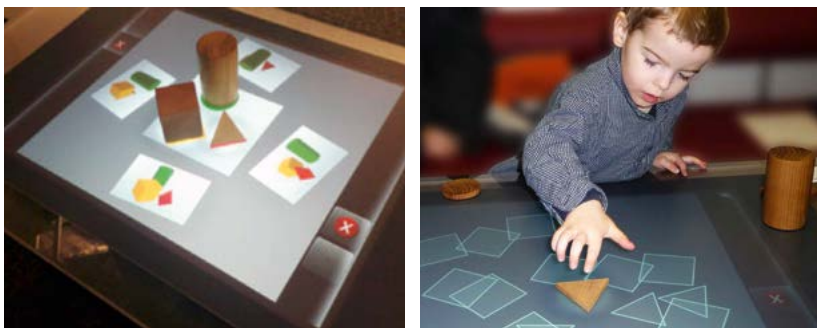


Abb. 5: Kombination physischer mit virtuellen Materialien anhand zweier Beispiele von Fun.tast.tisch (Quelle: www.softaware.at/Projects/funtasttisch)

Physisch-virtuell an einem Beispiel aus der Arithmetik

Aber nicht nur im Bereich der Geometrie wird in Zukunft verstärkt eine Kombination von physischen und virtuellen Materialien erfolgen, auch in der Arithmetik sind bereits erste Materialien vorhanden. So bietet allen voran Tiggly (<https://tiggly.com>) neben physischen geometrischen Formen auch Materialien zum spielerischen Erwerb des Kardinalzahlkonzepts, des Teil-Ganze-Konzepts sowie einfacher Additionsaufgaben an (Abb. 6, links). Dazu stehen den Kindern die Anzahlen von eins bis fünf in Form von sogenannten Tiggly Toys zur Verfügung. Punkte aus Silikon, die auf der Rückseite der Tiggly Toys angebracht sind, sorgen dafür, dass das Tablet diese wie Fingerberührungen erkennt und reagiert. Verschiedene Apps können mit den Tiggly Toys gespielt werden. Bei der App Addventure (kittellect Inc. 2014) wird beispielsweise die Spielfigur Tiggly auf der Reise zu seiner Großmutter begleitet. Immer wieder muss Tiggly Hindernisse überwinden und dazu Brücken oder Leitern bauen. Dazu können die Tiggly Toys auf ganz unterschiedliche Art und Weise verwendet werden, z. B. bei Überbrückung der Fünf das 2er- und das 3er-Tool ($5 = 2 + 3$) oder das 4er-Tool und das 1er-Tool ($5 = 4 + 1$). Vorteil ist, dass die Kinder die Anzahlen von eins bis fünf auf einmal (simultan) auf den Bildschirm legen können und dadurch nicht-zählend vorgehen. Zudem führen sie erste Additions- und Ergänzungsaufgaben dadurch durch, dass sie überlegen müssen, wie viel noch fehlt, bis die Brücke fertiggebaut ist. Es sind unterschiedliche Anforderungen eingebaut. So muss beispielsweise bei einem roten Kreuz (Abb. 6, rechts) darauf geachtet werden, nicht auf diesem zu landen, sondern es zu überspringen, da hier ein Loch in der Brücke ist und Tiggly ansonsten ins Wasser fällt.

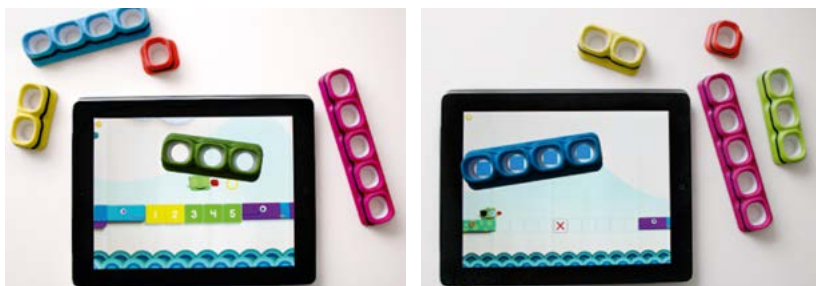


Abb. 6: Kombination physischer mit virtuellen Materialien am Beispiel von Tiggly Toys

So werden in Zukunft verstärkt Technologien und Anwendungen entwickelt, in denen physische mit virtuellen Materialien kombiniert werden und interagieren. Ebenso werden didaktische Konzepte mehr darauf ausgelegt sein, solch sinnvolle Kombination zu berücksichtigen.

Schlussbemerkung

Didaktisch hochwertige Konzepte für den sinnvollen Einsatz digitaler Medien an Schulen müssen in Zukunft vermehrt entwickelt werden und der Mehrwert des Einsatzes aufgezeigt werden. Lehrkräfte sollten bei ihrer Arbeit mit den digitalen Medien an der Schule hinsichtlich ihrer medien- und fachdidaktischen Kompetenz permanent fortgebildet werden. Erfolgt dies, so wird auch die Integration der digitalen Medien in den Mathematikunterricht der Primarstufe gelingen, und die Unterrichtswelt ein Stück näher an die Lebenswelt und den Alltag der Kinder rücken.

Literatur

- Aebli, H. (1983): Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Andrews, D.R. (2011): Integer operations using a whiteboard. Integrating interactive technology enhances student engagement and understanding of a common middle school topic. In: Mathematics Teaching in the Middle School. Vol. 16. No. 8, S. 474 – 479.
- Beauchamp, G. (2004): Teacher use of the interactive whiteboard in primary schools: towards an effective transition framework. Technology, Pedagogy and Education 3, S. 327 – 348.
- Dohrmann, C. (2016): Touch2Learn – Multi-Touch Lernumgebungen explorativ erforschen. In: Peschel, M.: Mediales Lernen – Beispiele für eine Inklusive Mediendidaktik (Dimensionen des Sachunterricht – Kinder.Sachen.Welten, Bd. 7), S. 7 – 16. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Dohrmann, C. / Kortenkamp, U. / Ladel, S. (2012): An Activity-Theoretic View on Multitouch Devices in Mathematics Education. In Proceedings. ICME 12. Seoul.
- Franke, M. (2008): Didaktik der Geometrie: In der Grundschule (Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I+II). 2. Auflage. Heidelberg: Spektrumverlag.
- Frostig, M. / Müller, H. (1981): Teilleistungsstörungen. Ihre Erkennung und Behandlung bei Kindern. München.
- Higgins, S. / Falzon, C. / Hall, I. / Moseley, D. / Smith, F. / Smith, H. / Wall, K. (2005): Embedding ICT in the literacy and numeracy strategies: Final report. Newcastle upon Tyne, UK: Newcastle University.
- Higgins, S. / Mercier, E. / Burd, E. / Hatch, A. (2011): Multi-touch tables and the relationship with collaborative classroom pedagogies: A synthetic review. In: Computer-Supported Collaborative Learning 6: 515 – 538.
- Iron, T. / Sweeney, T. (2010): Interaktive Whiteboards in der Primarstufe. In: Arnold, K. Hauen-schild, B. Schmidt / B. Ziegenmeyer (Hg.), Zwischen Fachdidaktik und Stufendidaktik: Perspektiven für die Grundschulpädagogik. (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 14). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 103 – 106.
- Krauthausen, G. (2012): Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Ladel, S. (2009): Multiple externe Repräsentationen (MERS) und deren Verknüpfung durch Computereinsatz. Zur Bedeutung für das Mathematiklernen im Anfangsunterricht. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Ladel, S. / Kortenkamp, U. (2011): Finger-symbol-sets and multi-touch for a better understanding of numbers and operations. In: M. Pytlak / Rowland, T. / Swoboda, E. (Hg.), Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 7). Rzeszów, Poland.
- Ladel, S. / Schreiber, C. (2012/2014/2016): Reihe zum Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien in der Primarstufe
- Mercier, E. / Higgins, S. (2013): Collaborative learning with multi-touch technology: Developing adaptive expertise. In: Learning and Instruction 25(2013), S. 13 – 23.