

Effekte digitalen Lernens auf den Wissens- und Kompetenzerwerb in der Schule

Eine Integration metaanalytischer Befunde

Zusammenfassung: Im Rahmen eines systematischen Reviews von Metaanalysen zum Effekt des Einsatzes digitaler Medien im Schulkontext wird der Frage nachgegangen, inwieweit mit Hilfe digitaler Medien die Unterrichtsqualität bezüglich des Potentials der kognitiven Aktivierung gefördert werden kann. Zu diesem Zweck wurden die Kontroll- und Experimentalbedingungen von 79 Effektstärken aus 10 Metaanalysen an Hand der ICAP-Taxonomie codiert. Die ICAP-Taxonomie differenziert vier Ebenen der kognitiven Aktivierung: (1) passiv, (2) aktiv, (3) konstruktiv und (4) interaktiv. Die Effektstärken wurden nach Effekten digitaler Medien bei gleichen Aktivitätsebenen und Effekten digitaler Medien bei verschiedenen Aktivitätsebenen in Kontroll- und Experimentalbedingung geclustert. Die Befunde stützen die These, dass digitale Medien, die dazu genutzt werden die Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter kognitiver Prozesse innerhalb einer Aktivitätsebene zu erhöhen, einen positiven Effekt auf den Lernerfolg haben. Ebenfalls unterstützen die Befunde die These, dass digitale Medien, die dazu genutzt werden die Aktivitätsebene zu steigern, einen positiven Effekt auf den Lernerfolg haben.

Schlagworte: Systematisches Review, Digitale Medien, ICAP, Digitalisierung von Unterricht in der Schule, Digitales Lernen

1. Einleitung

Zur Wirkung des systematischen Einsatzes von digitalen Medien werden im Bereich der Lehr-Lernforschung seit über vierzig Jahren (vgl. Tamin et al., 2011; Hattie, 2009) experimentelle Studien durchgeführt. Über 2000 experimentelle Studien und über 160 Metaanalysen (vgl. Stegmann & Fischer, 2016) untersuchen die Effekte digitaler Medien auf den Lernerfolg. Oft waren neue technologische Entwicklungen der Auslöser für Studien zur Wirkung auf Lernprozesse und Lernergebnisse. Nicht selten wurden verschiedene Technologien in einer Art ‚Pferderennen‘ gegeneinander getestet, ohne dass dabei theoretische Modelle zu den Wirkmechanismen entwickelt und überprüft wurden.

Eine Ausnahme bildet die Forschung zur Kognitiven Theorie des Multimedialen Lernens (Mayer, 2005), die die Aussagen zur Gestaltung von multimedialen Lernmaterialien auf der Basis kognitiver Theorien erlaubt. Die Forschung zu dieser Theorie ist einerseits ein Paradebeispiel für eine systematische, erkenntnisorientierte Forschung zur Wirkung digitaler Medien auf der Basis kognitionspsychologischer Modelle. Andererseits muss aber auch festgehalten werden, dass die Kognitive Theorie des Multimedialen

len Lernens stark die Rezeption von Lernmaterial fokussiert und die unterschiedlichen Aktivitäten der Lernenden bei der Nutzung digitaler Medien vernachlässigt. Mayers Theorie ist daher ein wichtiger, aber nicht hinreichender Baustein zum Verständnis der Wirkung von digitalen Medien auf das Lernen.

Für die Gewinnung von Erkenntnissen über die Wirkung digitaler Medien auf den Wissens- und Kompetenzerwerb in der Schule ist es daher erforderlich, die umfangreichen empirischen Befunde zur Wirkung digitaler Medien im schulischen Lernkontext systematisch und vor dem Hintergrund theoretischer Modelle des Lehrens und Lernens zu analysieren. Ziel einer solchen Analyse muss sein, Anhaltspunkte für belastbare und über einzelne Technologien hinausgehende Gesetzmäßigkeiten zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht zu generieren.

2. Stand der Forschung zu Effekten digitaler Medien in der Schule

Um die Fragen nach dem wann, wofür, wie und für wen die Nutzung digitaler Medien effektiv ist, zu beantworten, muss zunächst präzisiert werden wie der Begriff *digitale Medien* im Rahmen dieses Beitrages verwendet wird: Unter digitalen Medien werden hier computerbasierte Technologien verstanden, die fachliche und überfachliche Inhalte präsentieren oder eine Interaktion mit und/oder über diese Inhalten ermöglichen. Diese Definition ist bewusst breit formuliert und umfasst den Einsatz von Computern zur Präsentation von Inhalten durch die Lehrkraft über computerbasierte Lernumgebungen und intelligente tutorielle Systeme, bis hin zu interaktiven und kooperativen Lernszenarien, in denen Schülerinnen und Schüler computervermittelt gemeinsam Lernen. Nicht eingeschlossen hingegen sind Szenarien, in denen z. B. nur die Lehrkraft einen Computer verwendet, um den Unterricht vorzubereiten.

Bei der Interpretation der Effekte digitaler Medien ist zu berücksichtigen, dass es nicht primär darum geht, zu zeigen, dass sich bestimmte Medien besser oder schlechter für den Transport von Lerninhalten eignen. Clark (1994) war bereits vor über 20 Jahren der Überzeugung, dass die empirische Befundlage nur den Schluss zulässt, dass das Übertragungsmedium (von Clark sehr eng definiert als Vehikel für den Transport von Informationen ohne Einfluss auf den Inhalt) selbst keinen direkten Einfluss auf den Wissenserwerb hat. Clark zufolge gibt es keinen guten Grund anzunehmen, dass unterschiedliche Medien, mit denen Lernende das gleiche tun, zu unterschiedlichen Lernergebnissen führen. Als entscheidend für den Wissenserwerb können stattdessen vor allem Lernzeit, Lernmaterial und Lernaktivität angesehen werden.

Wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen Medien ist demnach eher nicht die technische Realisierung der Übertragung von Informationen, sondern die mit der technischen Umsetzung verbundenen Lernaktivitäten. Vor diesem Hintergrund reicht es nicht, nach dem Effekt bestimmter digitaler Medien in der Schule zu fragen. Es müssen vielmehr Arten der Mediennutzung differenziert werden, bei denen sich vor allem die Lernaktivitäten zwischen der Lernsituation mit digitalen Medien von den Lernaktivitäten ohne digitale Medien unterscheiden.

Hattie (2009) differenzierte in seiner einflussreichen Überblicksarbeit bereits sechs unterschiedliche Arten des Einsatzes digitaler Medien beim Lernen (audio/visuelle Methoden, computerunterstützte Instruktion, interaktive Videos, programmierte Instruktion, Simulationen und webbasiertes Lernen). Diese Differenzierung stellt eine nachvollziehbare aber auch willkürliche Klassifikation auf Grundlage der durch empirische Forschung untersuchten Einsatzformen digitaler Medien dar. Zwar erlaubt diese Klassifikation den Vergleich verschiedener Einsatzarten im Sinne eines Wettrennens, erweist sich aber z. B. für die Vorhersage von Effekten zukünftiger, noch nicht untersuchter Technologien als wenig hilfreich. Darüber hinaus ist z. B. die Kategorie *computerunterstützte Instruktion* sehr inklusiv: sie reicht vom Einsatz von Präsentationsprogrammen über individualisierte Instruktion bis hin zu Fernunterricht. Aufgrund ihrer Ungenauigkeit erscheint diese Klassifikation nicht besonders geeignet, um zur Beantwortung der Frage, inwieweit die Effekte digitaler Medien davon abhängen, welche Medien wie genutzt werden, beizutragen.

Mit Fokus auf den Einsatz von digitalen Medien in der Schule müssen die Befunde von Hattie (2009) zudem vorsichtig interpretiert werden. Hattie differenziert in seiner Arbeit nicht zwischen dem Medieneinsatz innerhalb und außerhalb der Schule. Damit ist unklar, inwieweit die durchschnittlichen Effekte, die Hattie (2009) berichtet, für den Einsatz digitaler Medien in der Schule überhaupt zutreffen. Darüber hinaus formulieren mehrere Autorinnen und Autoren substantielle Kritik an der Methodik zur Berechnung der Effektstärken (vgl. Arnold, 2011; Beywl & Zierer, 2015; Brügelmann, 2014; Snook et al., 2009; Terhart, 2011; Wecker, Vogel & Hetmanek, 2016), sodass begründete Zweifel an der Belastbarkeit an den von Hattie berichteten Resultaten bestehen (siehe auch Wecker, Vogel & Hetmanek, 2016).

Ein methodisch alternativer Ansatz wurde im Beitrag von Tamim und Kollegen (2011) gewählt indem sie die Effektstärken in einer Meta-Metaanalyse integrieren. Diese Arbeit umfasst zusätzlich zu den von Hattie (2009) berücksichtigten Metaanalysen weitere bis 2007 publizierte Metaanalysen und fokussiert den Einsatz digitaler Medien in der Schule. Die Autoren verwenden für die Integration dabei jedoch nur Metaanalysen der letzten 25 Jahre, die zu dem ausreichend Informationen für eine quantitative Integration der Effektstärken bereitstellen müssen. Auf Grund der dadurch verbleibenden geringen Anzahl an Studien konnten die Autoren nur sehr eingeschränkt Analysen bezüglich der Art des Einsatzes digitaler Medien durchführen. Insgesamt zeigen die Analysen bezüglich des Lernerfolgs stabil kleine positive Effekte des Einsatzes digitaler Medien in der Schule.

3. Wirkmechanismen der Effekte digitaler Medien in der Schule

Aus der Forschung zu Unterrichtsqualität und dem Zusammenhang von Unterrichtsqualität und Lernerfolg ist bekannt, dass das Potential der kognitiven Aktivierung von Unterricht im Fach Mathematik einen positiven Effekt auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern hat (vgl. Kunter & Voss, 2011). Befunde von Helmke und Kollegen

(2008) zur Wirkung von Unterrichtsprozessen im Englischunterricht deuten darauf hin, dass Unterricht u. a. besonders dann erfolgreich ist, wenn die Schülerinnen und Schüler einen hohen Redeanteil haben, Zeit zum Nachdenken erhalten und die Gelegenheit bekommen, ihre Fehler selbst zu korrigieren. Die Lernenden sollen im Sinne einer Angebots-Nutzungs-Struktur zu kognitiven Prozessen angeregt werden, die die bestehenden Wissensstrukturen verändern, erweitern, vernetzen, umstrukturieren oder gar neu bilden (vgl. Kunter & Voss, 2011). Der angebotene Unterricht wirkt demnach dann erfolgreich auf den Lernerfolg, wenn diese Prozesse bei den Schülerinnen und Schülern ermöglicht werden und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Prozesse gesteigert wird.

Die ICAP-Taxonomie für die Klassifikation von Lernprozessen im Unterricht (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) differenziert darüber hinaus vier Ebenen der kognitiven Aktivierung: (1) passive, (2) aktive, (3) konstruktive und (4) interaktive Lernprozesse. Von (1) passiven Lernprozessen spricht man, wenn Lernende rein rezeptiv mit Lernmaterial arbeiten (sollen). Darüber hinaus gehende Lernprozesse, wie z. B. das Erstellen von Notizen oder Zusammenfassungen, gehört zu den (2) aktiven Lernprozessen. Konstruieren die Lernenden dabei über das Lernmaterial hinausgehende Verknüpfungen (z. B. durch das Lösen neuer Probleme oder den Vergleich zwischen verschiedenen Inhalten) spricht man von (3) konstruktiven Lernprozessen. Werden diese konstruktiven Prozesse im Rahmen kollaborativer Aktivitäten umgesetzt, so handelt es sich um (4) interaktive Lernprozesse.

In ihrer Arbeit kommt Chi (2009) auf der Grundlage eines Reviews einschlägiger Befunde zu dem Schluss, dass diese vier Prozesse eine unterschiedlich starke Wirkung auf den Lernerfolg haben. Konkret formuliert Chi (2009) die Annahme, dass in der Reihenfolge passiv-aktiv-konstruktiv-interaktiv der positive Effekt der jeweiligen Aktivitätsebene auf den Lernerfolg höher ist als der Effekt der Aktivitätsebenen darunter. Menekse, Stump, Krause & Chi (2013) überprüften diese Annahme in zwei Studien. Die Befunde der beiden Studien stützen Chi's Annahmen zum Zusammenhang der ICAP-Ebenen mit dem Wissenserwerb. Unter kontrollierten Bedingungen zeigte sich, dass zwischen den jeweils benachbarten Aktivitätsebenen ein Unterschied des Wissenserwerbs zugunsten der jeweils höheren Aktivitätsebene in der Größenordnung einer mittleren Effektstärke vorlag. Auf Klassenebene zeigte sich, dass vor allem interaktive und konstruktive Gestaltungen von Unterricht im Vergleich zu aktiven Unterrichtsgestaltungen einen positiven Effekt auf den Lernerfolg hatten. Im Rahmen der gleichen Studie zeigte sich auch, dass sich konstruktive und interaktive Lehrangebote (im Vergleich zu aktiven Lehrangeboten) vor allem positiv auf das tiefgehende Verständnis der Schülerinnen und Schüler auswirken. Kaum Unterschiede zwischen den Aktivitätsebenen fanden sich hingegen beim einfachen Auswendiglernen.

Diese Befunde stehen im Einklang mit den Modellen und Befunden zur Wirkung des Potentials der kognitiven Aktivierung im Rahmen der Forschung zur Unterrichtsqualität. Die ICAP-Taxonomie ermöglicht darüber hinaus zusätzlich eine wesentlich differenziertere Betrachtung der Ebenen kognitiver Aktivierung, als es bislang in der Forschung zur Unterrichtsqualität häufig der Fall war.

4. Thesen und Fragestellungen

Betrachtet man die Fragen nach den Wirkmechanismen, die einem positiven Effekt digitaler Medien auf den Lernerfolg zugrundeliegenden könnten, so können vor dem Hintergrund der ICAP-Taxonomie und der Befunde zu den ICAP-Aktivitätsebenen zwei zentrale Thesen zum Wirkmechanismus formuliert werden:

These 1: Digitale Medien, die dazu genutzt werden die Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter kognitiver Prozesse innerhalb einer Aktivitätsebene zu erhöhen (z. B. durch das Verwenden einer Quizz-App anstatt einer mündlichen Abfrage) haben einen positiven Effekt auf den Lernerfolg.

These 2: Digitale Medien, die dazu genutzt werden die Aktivitätsebene zu steigern (z. B. von aktiv zu konstruktiv oder konstruktiv zu interaktiv) haben einen positiven Effekt auf den Lernerfolg.

Zur Überprüfung dieser Thesen müssen die bislang vorliegenden Befunde neu betrachtet werden. Anstelle eines (oberflächlichen) Vergleichs von Arten des Einsatzes digitaler Medien erscheint es notwendig die Aktivitätsebenen in Kontrollbedingung (ohne digitale Medien) und experimenteller Bedingung (mit digitalen Medien) zu berücksichtigen. Daraus ergeben sich die folgenden Fragestellungen:

RQ1: Inwieweit haben digitale Medien einen Effekt auf den Wissenserwerb *innerhalb* der Aktivitätsebenen und inwieweit werden diese Effekte durch die Art der Nutzung digitaler Medien moderiert?

Effekte digitaler Medien, die bei gleicher Aktivitätsebene in Kontroll- und Experimentalbedingung auftreten, sind ein Hinweis darauf, inwieweit digitale Medien erfolgreich dazu genutzt werden können, um die Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter kognitiver Prozesse zu erhöhen. Dabei kann es jedoch sowohl Unterschiede zwischen den Aktivitätsebenen (z. B. könnten digitale Medien auf der passiven Aktivitätsebene stärkere Effekte haben als auf der aktiven Aktivitätsebene) als auch Moderationseffekte spezifischer Aspekte des Einsatzes digitaler Medien innerhalb der Aktivitätsebene geben (z. B. könnten digitale Medien für Lernende mit hohem Vorwissen größere Effekte haben als für Lernende mit niedrigem Vorwissen).

RQ2: Inwieweit haben digitale Medien einen Effekt auf den Wissenserwerb *zwischen* der Aktivitätsebenen und inwieweit werden diese Effekte durch die Art der Nutzung digitaler Medien moderiert?

Effekte digitaler Medien bei unterschiedlichen Aktivitätsebenen in Kontroll- und Experimentalbedingung geben Hinweise darauf, inwieweit digitale Medien erfolgreich genutzt werden können, um kognitive Aktivitäten auf einer höheren Ebene zu realisieren.

Grundsätzlich sind diese Effekte aber konfundiert: Effekte können sowohl durch die Steigerung der Aktivitätsebene aber auch durch die Steigerung Auftretenswahrscheinlichkeit bestimmter Prozesse im Sinne von These 1 verursacht worden sein. Dementsprechend vorsichtig müssen die Befunde interpretiert werden.

5. Methode

5.1 Metaanalyse als Methode zur Gewinnung robuster Befunde

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden vorhandene Metaanalysen herangezogen, die die Ergebnisse vieler Einzelstudien quantitativ zusammenfassen. Die Wirkung digitaler Medien wird darin anhand der Effektstärke berichtet. Die berichteten Effekte beziehen sich dabei immer auf den Vergleich einer Lernbedingung mit digitalen Medien und einer Lernbedingung ohne digitale Medien.

Metaanalysen sind ein Ansatz, um mehreren grundsätzlichen Problemen der Inferenzstatistik zu begegnen: (1) Eine einzelne Studie kann rein zufällig einen ‚überzufälligen‘ Effekt berichten. Je größer jedoch die Stichprobe der einzelnen Studie ist und je geringer die wahren Effekte streuen, desto wahrscheinlicher ist es, dass die in der Stichprobe gefundene Effektstärke der wahren Effektstärke entspricht. Durch die Integration zahlreicher einzelner Studien kann die zugrundeliegende Stichprobengröße erheblich gesteigert und die Irrtumswahrscheinlichkeit reduziert werden. (2) Eine einzelne Studie ist in Bezug auf zahlreiche Einflussfaktoren ohne systematische oder zufällige Variation. Sie berücksichtigt z. B. nur Personen bestimmten Alters, Experimentalbedingung und Kontrollbedingung werden für alle je Personen der jeweiligen Bedingung möglichst exakt gleich realisiert, die Art der Messung der Variablen wird zwischen den Personen nicht variiert und der Kontext (z. B. eine Studie im Rahmen des Schulunterrichts) ist gleich. Im Rahmen der einzelnen Studie kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass der gefundene Effekt/die gefundene Effektstärke von diesen Faktoren abhängig ist.

Indem in Metaanalysen mehrere Einzelstudien zusammengefasst werden, ergibt sich zum einen durch die Vergrößerung der Stichprobe eine größere Präzision der Schätzung der Effektstärke und zum anderen entsteht eine Stichprobe von Einflussfaktoren, die zwischen den verschiedenen Studien variiert werden. Auf diese Weise sollte die Schätzung der Effektstärke unabhängiger von einzelnen zufälligen Faktoren werden.

Probleme entstehen jedoch, wenn Studien zusammengefasst werden, denen nicht der gleiche ‚wahre‘ Effekt zu Grunde liegt. So können z. B. die Effektstärken zweier Interventionen von denen eine die Motivation und die zweite den Wissenserwerb fördern soll, nicht sinnvoll zusammengefasst werden. Neben dem Problem einer Berechnung solcher ‚sinnfreien‘ Effektstärken besteht zusätzlich das Problem, dass die zuvor erwähnte Stichprobe von Faktoren, in denen sich die Studien unterscheiden, nicht randomisiert gezogen wird. Stattdessen verwenden Metaanalysen in der Regel alle verfügbaren Daten. Dies führt aber dazu, dass bestimmte Eigenschaften der Probandinnen und Probanden, der Realisierung der experimentellen Bedingung, der Messung der Varia-

blen und des Kontextes in den Studien systematische Effekte auf die Effektstärke haben können. Werden z. B. zu einem Thema mehr Studien im Labor durchgeführt und dort größere Effekte als im Feld gefunden, ist der aus Labor- und Feldstudien berechnete Effekt verzerrt. Vor diesem Hintergrund stellt sich bei Effektstärken, die eine substantielle Heterogenität zwischen Studien aufweisen, immer die Frage nach einer möglichen Verzerrung.

Eine Möglichkeit diesen Problemen zu begegnen besteht darin, bei der Zusammenfassung von Effektstärken auf möglichst homogene Eigenschaften der Studien zu achten. Zumindest sollte jedoch die Heterogenität der Effektstärken berichtet werden, um der Leserin und dem Leser eine Einschätzung bezüglich möglicher Verzerrungen zu ermöglichen. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass diese Informationen und auch weitere wichtige Informationen (z. B. Liste der Primärstudien, Details zur Experimental- und Kontrollbedingung, konkrete Berechnung und Integration der Effektstärken) nicht zuverlässig in allen oder zumindest vielen Metaanalysen berichtet werden. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen dieser Arbeit auf eine weitere quantitative Synthese der Effektstärken verzichtet und stattdessen ein systematischer Überblick erstellt.

5.2 Inklusions- und Exklusionskriterien

Die primäre Fragestellung dieser Studie ist, inwieweit digitale Medien einen Effekt auf den Kompetenzerwerb in der Schule im Vergleich zu Bedingungen ohne digitale Medien haben. Die folgenden Inklusions- bzw. Exklusionskriterien wurden festgelegt:

- 1) Die Metaanalyse muss englischsprachig publiziert sein und über die gängigen Kanäle beschaffbar sein.
- 2) Bei der Studie muss es sich um eine systematische Metaanalyse handeln, die auf Grundlage von quantitativen Primärstudien Effektstärken berichtet.
- 3) Die Metaanalyse muss Effekte des Einsatzes digitaler Medien im Vergleich zu Bedingungen ohne digitale Medien berichten.
- 4) Die berichtete Effektstärke muss sich auf ein objektives Maß für Wissenserwerb, Leistung oder Fertigkeiten beziehen.
- 5) Die Probanden, auf die sich die Effektstärke bezieht, müssen im Schulalter sein.
- 6) Die berichtete Effektstärke muss sich auf Lernen im Schulkontext beziehen.

Für eine Inklusion einer Metaanalyse war es erforderlich, dass diese Informationen aus der Publikation extrahierbar waren. Es wurden auch Metaanalysen berücksichtigt, bei denen nur einzelne Effektstärken den Kriterien entsprachen. In diesen Fällen wurden nur diese Effektstärken berücksichtigt.

5.3 Literatursuche

Die Literatursuche geschah in drei Phasen. Zuerst wurden die Meta-Metastudien von Hattie (2009; 112 Studien zu Effekten von technology-enhanced learning, TEL) und Tamim und Kollegen (2011; 23 Studien zu Effekten von technology-enhanced learning, davon 17 die nicht in Hattie, 2009, enthalten waren) gesichtet. In einem zweiten Schritt wurde für die Jahre nach der Veröffentlichung der Tamim-Studie eine Datenbanksuche durchgeführt („(,social media‘ OR ,technology‘ OR ,media‘ OR ,computer‘ OR ,mobile‘) AND (,learning‘ OR ,education‘ OR ,skill‘ OR ,knowledge‘)“, 542 Publikationen). Diese Publikationen wurden vor dem Hintergrund der ersten vier Inklusions- und Exklusionskriterien gesichtet. Nach Sichtung auf Basis der Titel und Abstracts wurde von 59 Artikeln der Volltext beschafft. 32 Metaanalysen erfüllten bei der Sichtung der Volltexte die ersten vier Inklusions- und Exklusionskriterien. Schließlich wurden von den resultierenden 148 Metaanalysen alle Metanalysen ausgewählt, die Befunde zu Effekten digitaler Medien in der Schule berichten (Inklusions- und Exklusionskriterien 5 & 6).

Aus den 10 resultierenden Metaanalysen wurden 79 Effektstärken zu Effekten von digitalen Medien in der Schule extrahiert. Zu jeder Metanalyse wurden zusätzlich In-

Metaanalyse	Kontrollbedingung	Medieneinsatz	Altersgruppe*	Abhängige Variable
Cheung et al. (2013)	Standardlehrmethode	Educational technologies	K-12	Mathematikleistung
Clark et al. (2013, 2016)	„traditioneller“ Unterricht	Digital game-based learning	K-16	Kognitive und Interpersonale Kompetenzen
Goldberg et al. (2003)	Schreiben mit Papier und Stift	Textverarbeitungsprogramme	K-12	Schreiben
Graham et al. (2012)	n/a	Textverarbeitungsprogramme	K-4	Schreiben
Höffler et al. (2007)	Standbilder	Instruktionale Animationen	K-16	Leistung
Jun et al. (2010)	n/a	Computerbasierte Tutoren	6–12	Lesefähigkeit
Nesbit et al. (2006)	„traditioneller“ Unterricht	Animierte und/oder verlinkte Concept maps	4–16	Leistung
Steenbergen-Hu et al. (2014)	„traditioneller“ Unterricht, Tutorien	Intelligente Tutorielle Systeme (ITS)	5–12	Mathematikleistung
VanLehn (2011)	Problemlösen	Intelligente Tutorielle Systeme (ITS)	5–16	Leistung (MINT)
Wouters et al. (2013)	„traditioneller“ Unterricht	Digital game-based learning	K-16	Wissen und Fertigkeiten

Anmerkung: *Altersgruppen nach Klassenstufen von Kindergarten (K) bis College (16).

Tab. 1: Übersicht über die berücksichtigten Metaanalysen

formationen zur Durchführung der Metaanalyse erfasst (Kontrollbedingung, Medieneinsatz, Altersgruppe der Probanden, abhängige Variable(n); s. Tab. 1). Alle berücksichtigten Metaanalysen verwenden das Effektstärkenmaß Hedges' g^+ (Borenstein, Hedges, Higgins & Rothstein, 2011). Dieses Effektstärkenmaß zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass es ein Schätzer der Effektstärke im Universum ist und die Verzerrung der Effektstärkenschatzung durch kleine Stichprobengrößen berücksichtigt (vgl. Borenstein et al., 2011). Alle verwendeten Metaanalysen gewichten bei der Integration der Effektstärken die einzelnen Effektstärken an Hand der Stichprobengröße bzw. konkret an Hand der Varianz der Effektstärke, die auf Basis der Effektstärke und der Stichprobengröße geschätzt werden kann. Mit Ausnahme der Metaanalysen von Goldberg, Russel & Cook (2003), Graham, Keown, Kihara & Harris (2012) und Nesbit & Adesope (2006), die ein fixed-effects model (FEM) zur Integration der Effektstärken verwenden, werden die Effektstärken in den Metaanalysen mit Hilfe von random-effects models (REM) integriert. Die zuvor thematisierte Analyse der Heterogenität der Effektstärken wird in den vorliegenden Metaanalysen nur selten und wenn, dann nicht für alle Effektstärken berichtet. Daher erscheint eine systematische Berücksichtigung der Heterogenitätsanalysen nicht sinnvoll.

Zwei der verwendeten Metaanalysen (Höffler & Leutner, 2007; Wouters, van Nimwegen, van Oostendorp & van der Spek, 2013) umfassen auch einen kleinen Anteil von Befunden, die nicht aus dem Schulkontext stammen. Die berichteten Analysen lassen jedoch den Schluss zu, dass sich diese Studien nicht auf die Höhe der Effektstärken ausgewirkt haben.

5.4 Lernaktivitäten in Kontrolle- und Experimentalbedingung

Die Codierung der Aktivitätsebene der Kontroll- und Experimentalbedingungen der Metaanalysen wurde auf Basis der Methodenteile der Metaanalysen vorgenommen. Dabei wurden (1) passive, (2) aktive, (3) konstruktive und (4) interaktive Kontroll- und Experimentalbedingungen unterschieden. Kontroll- und Experimentalbedingungen wurden als (1) passiv codiert, wenn aus der Beschreibung der Bedingungen (v. a. zu Inklusions- und Exklusionsbedingungen) hervorging, dass den Lernenden ausschließlich Lernmaterial präsentiert wurde, ohne dass dabei zusätzliche Instruktionen für Lernaktivitäten (z. B. Markieren, Zusammenfassen) etc. gegeben wurden. In der Metaanalyse von Höffler & Leutner (2007, S. 726: „[...] differences between instructional animations and static pictures [...]“) wurden vor diesem Hintergrund sowohl die Experimentalbedingung als auch die Kontrollbedingung als passiv codiert. Bedingungen wurden als (2) aktiv codiert, wenn Lernende zu Lernaktivitäten aufgefordert oder angeleitet wurden, die zu einer aktiven Beschäftigung mit dem Material führen (z. B. Paraphrasieren, Notizen machen), ohne dabei über das gegebene Material hinauszugehen (z. B. Lerninhalte zum Lösen neuer Probleme nutzen). Bezüglich der Kontrollbedingungen fallen die Beschreibungen in den Metaanalysen jedoch häufig sehr knapp aus (z. B. Clark, Tanner-Smith & Killingsworth, 2013, S. 88: „[...] a digital game versus non-game condition [...]“) oder

es wird nur auf ‚regular teaching‘ als Kontrollbedingung verwiesen. In diesen Fällen wurde davon ausgegangen, dass die Lernaktivitäten in der Regel als ‚aktiv‘ bewertet werden können. Als (3) konstruktiv wurden Bedingungen bewertet, bei denen das Lösen von Problemen oder die Erweiterung des gegebenen Materials auf der Grundlage eigener Überlegungen erforderlich war. Beispiele hierfür sind game-based learning oder das selbstständige Schreiben von Texten (Goldberg et al., 2003, S. 6: „[...] a direct comparison between paper-and-pencil writing and computerized writing [...]“). Als (4) interaktiv wurden Bedingungen codiert, bei denen Lernende kooperativ oder kollaborativ in Gruppen gelernt haben. In den betrachteten Metaanalysen wurde diese Lernaktivitäten nur in einer Moderatoranalyse einer Metaanalyse (Wouters et al., 2013) untersucht. In dieser Metaanalyse gab es darüber hinaus den Fall, dass im Rahmen einiger Moderatoranalysen aktive und konstruktive Kontrollbedingungen vermischt wurden und mit konstruktiven Experimentalbedingungen verglichen wurden. Diese Bedingungen wurden als (5) aktiv/konstruktiv codiert.

6. Ergebnisse

6.1 RQ1: Effekte digitaler Medien auf den Wissenserwerb innerhalb einer Aktivitätsebene

Im Folgenden werden die Befunde für die verschiedenen Ebenen getrennt dargestellt. Die in den Metaanalysen berichteten Effektstärken werden jeweils mit dem 95 %-igen Konfidenzintervall berichtet. Auf diese Weise wird deutlich, ob sich die Effektstärke signifikant von Hedges' $g^+ = 0$ unterscheidet.

Effekte digitaler Medien bei passiven Lernaktivitäten in Kontroll- und Experimentalbedingung

Die Effekte digitaler Medien bei passiven Lernaktivitäten reichen von Hedges' $g^+ = -0.05$, CI[-0.37; 0.27] (Standbilder vs. dekorative Animationen; Höffler & Leutner, 2007) bis Hedges' $g^+ = 0.76$, CI[0.39; 1.13] (Standbilder vs. video-basierte/photorealistische Animation; Höffler & Leutner, 2007). Wird der Einsatz digitaler Medien hingegen mit Bedingungen ohne Visualisierung oder nur eingeschränkter Visualisierung (z. B. Lerntexte) verglichen, zeigt sich ein kleiner Effekt, Hedges' $g^+ = 0.11$, CI[0.01; 0.21]. Werden die Möglichkeiten digitaler Medien dafür genutzt, Lerninhalte animiert zu präsentieren, zeigen sich im Vergleich mit Standbildern kleine bis mittlere Effekte, Hedges' $g^+ = 0.40$, CI[0.26; 0.53] (Höffler & Leutner, 2007). Diese Effekte variieren jedoch zwischen verschiedenen Lernzielen. Während es nur einen kleinen Effekt auf Problemlösen, Hedges' $g^+ = 0.24$, CI[0.04; 0.44], gibt, zeigt sich ein kleiner bis mittlerer Effekt bei deklarativem Wissen, Hedges' $g^+ = 0.44$, CI[0.27; 0.57].

Bezüglich der Fragestellung zeigen diese Befunde, dass digitale Medien dazu genutzt werden können, um das Lernen in eher passiven Lernszenarien zu unterstützen. Modert wird Effekt der digitalen Medien dabei sowohl durch die Art des Medieneinsatzes

als auch durch das Lernziel. Bei der Art des Medieneinsatzes scheint der Einsatz digitaler Medien besonders dann günstig zu sein, wenn dadurch Inhalte verständlicher dargestellt werden. Bezüglich des Lernziels ist der Effekt digitaler Medien beim Erwerb von Problemlösefähigkeiten im Vergleich zu deklarativem Wissen weniger stark ausgeprägt.

Effekte digitaler Medien bei aktiven Lernaktivitäten in Kontroll- und Experimentalbedingung

Befunde zur Frage, inwieweit digitale Medien in aktiven Lernszenarien Effekte auf das Lernen haben, werden in den vorliegenden Metaanalysen nur in der Studie von Cheung und Slavin (2013) berichtet. Die Effektstärken schwanken je nach Moderatoren zwischen Hedges' $g^+ = 0.06$, $CI[-0.04; 0.15]$ bei einer Kombination von Lernphasen mit und ohne Medien bzw. einer geringen Intensität des Medieneinsatzes (weniger als 30 Minuten pro Woche) und Hedges' $g^+ = 0.25$, $CI[0.03; 0.47]$ bei Schülerinnen und Schülern mit einem hohen sozio-ökonomischen Status. Insgesamt schwanken die Effektstärken der verschiedenen Analysen nur zwischen keinem und einem kleinen Effekt, sodass eine differenziertere Betrachtung von Einflussfaktoren nicht weiter notwendig erscheint bzw. die Gefahr birgt, Unterschiede bezüglich bestimmter Faktoren zu suggerieren, die inferenzstatistisch nicht abgesichert sind. Die These, durch digitale Medien aktive Lernaktivitäten in bedeutsamem Ausmaß fördern zu können, wird durch die vorliegenden Befunde nicht gestützt.

Effekte digitaler Medien bei konstruktiven Lernaktivitäten in Kontroll- und Experimentalbedingung

Die berichteten Effektstärken digitaler Medien bei konstruktiven Lernaktivitäten reichen von Hedges' $g^+ = -0.23$, $CI[-1.08, .63]$ (Steenbergen-Hu et al., 2014) bis Hedges' $g^+ = 0.79$, $CI[n/a; n/a]$ (VanLehn, 2011). Die in den Metaanalysen untersuchten Einsatzarten digitaler Medien lassen sich in drei Bereiche einteilen: (1) Textverarbeitung mit Fokus auf Schreiben (Goldberg et al., 2003; Graham et al., 2012), (2) game-based learning mit Blick auf Lernen im Allgemeinen (Wouters et al., 2013) und (3) intelligente tutorielle Systeme mit Fokus auf Lernen im MINT-Bereich (Steenbergen-Hu et al., 2014; VanLehn, 2011).

Beim Einsatz von Textverarbeitungsprogrammen zeigen sich allgemein, Hedges' $g^+ = 0.47$, $CI[0.19, .75]$ (Graham et al., 2012), sowie spezifisch sowohl für die Qualität, Hedges' $g^+ = 0.41$, $CI[0.34, .48]$ (Goldberg et al., 2003), als auch für die Quantität des Textes, Hedges' $g^+ = 0.54$, $CI[0.38, .70]$ (Goldberg et al., 2003), mittlere positive Effekte im Vergleich zum Schreiben ohne Textverarbeitungsprogramm. Für das game-based learning zeigt sich im Vergleich zum problemlösenden Lernen ein kleiner positiver Effekt, Hedges' $g^+ = 0.31$ $CI[0.01; 1.01]$.

Bei den intelligenten tutoriellen Systemen zeichnet sich das Bild ab, dass durch den Einsatz der Technologie in der Regel keine besseren Effekte erzielt werden können als durch menschliche Tutorinnen und Tutoren (Hedges' $g^+ = -0.23$ $CI[-1.08, .63]$; Steenbergen-Hu et al., 2014 und Hedges' $g^+ = 0.21$ $CI[n/a; n/a]$; VanLehn, 2011). Gleichzeitig zeigt sich aber auch, dass Intelligente Tutorielle Systeme ähnlich große Effekte erzielen

wie menschliche Tutorinnen und Tutoren (Hedges' $g^+ = 0.40$ CI[n/a; n/a] und Hedges' $g^+ = 0.79$ CI[n/a; n/a]; VanLehn, 2011).

Diese Befunde deuten darauf hin, dass das Potential von digitalen Medien bei der Unterstützung konstruktiver Lernaktivitäten in zwei Bereichen genutzt werden kann: Die Befunde zu Textverarbeitungsprogrammen und game-based learning legen nahe, dass mit digitalen Medien konstruktiven Lernprozesse effektiv angeregt werden können. Die Befunde zu den intelligenten tutoriellen Systemen lassen den Schluss zu, dass digitalen Medien erfolgreich genutzt werden können, um prozessbezogene Hilfestellungen zu geben und so das Auftreten günstiger kognitiver Prozesse zu fördern.

Effekte digitaler Medien bei interaktiven Lernaktivitäten in Kontroll- und Experimentalbedingung

Keine der in der vorliegenden Studie enthaltenen Metaanalysen berichtete Befunde zum Effekt digitaler Medien in interaktiven Lernszenarien.

6.2 RQ2: Effekte digitaler Medien auf den Wissenserwerb zwischen Aktivitätsebenen

Passiv ohne vs. Aktiv mit digitalen Medien

Keine der in der vorliegenden Studie enthaltenen Metaanalysen berichteten Befunde zum Effekt digitaler Medien beim Vergleich zwischen einem passiven Lernszenario in der Kontrollbedingung und einem aktivem Lernszenario mit digitalen Medien.

Aktiv ohne vs. Konstruktiv mit digitalen Medien

Die metaanalytischen Vergleiche zwischen aktiven Lernaktivitäten ohne Unterstützung durch digitale Medien und konstruktiven Lernaktivitäten mit Unterstützung durch digitale Medien stammen aus dem Bereich des digital game-based learning (Clark et al., 2013; Wouters et al., 2013). Es zeigen sich für eine große Bandbreite von Lernzielen positive Effekte auf kleinem Niveau (Wissen: Hedges' $g^+ = 0.27$ CI[0.01; 0.54], Wouters et al., 2013; Fertigkeiten: Hedges' $g^+ = 0.35$, CI[0.20; 0.51], Clark et al., 2013 bzw. Hedges' $g^+ = 0.29$ [0.15; 0.43], Wouters et al., 2013; Interpersonale Kompetenzen: Hedges' $g^+ = 0.35$, CI[0.06; 0.65], Clark et al., 2013; Auswendiglernen: Hedges' $g^+ = 0.36$ [0.07; 0.68], Wouters et al., 2013).

Die Befunde deuten darauf hin, dass die Steigerung des Aktivitätsniveaus mit Hilfe von digitalen Medien realisiert werden kann. Unklar bleibt auf Grund der Konfundierung von Aktivitätsniveau und digitalen Medien jedoch die Ursache für die positiven Effekte.

Konstruktiv ohne vs. Interaktiv mit digitalen Medien

Wouters und Kollegen (2013) vergleichen im Rahmen ihrer Metaanalyse auch individuelle Bedingungen, die sich zum Großteil den aktiven Lernaktivitäten und zu einem kleineren Teil den konstruktiven Lernaktivitäten zuordnen lassen mit interaktiven Lern-

aktivitäten (d. h. kooperativem game-based learning). Für diesen Vergleich berichten die Autoren einen mittleren bis großen Effekt, Hedges' $g^+ = 0.66$ CI[0.32; 1.00]. Auf Grund der heterogenen Vergleichsgruppe ohne digitale Medien wird die ohnehin schon problematische Interpretation des Befunds durch die Konfundierung von Aktivitätsebene und digitalen Medien noch schwieriger. Dennoch zeigt sich auch hier, dass die digitalen Medien erfolgreich genutzt werden können, um Lernszenarien mit höherer Aktivitätsebene erfolgreich zu realisieren.

7. Diskussion

Die Befunde aus den zehn berücksichtigten Metaanalysen zu Effekten digitaler Medien im Kontext Schule unterstützen die These 1 ‚Digitale Medien, die dazu genutzt werden die Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter kognitiver Prozesse innerhalb einer Aktivitätsebene zu erhöhen, haben einen positiven Effekt auf den Lernerfolg.‘ Für die Aktivitätsebenen für die in den Metaanalysen Effektstärken berichtet werden (passiv, aktiv & konstruktiv), hat der Einsatz digitaler Medien unter fast allen Rahmenbedingungen positive Effekte. Es zeigt sich aber auch, dass nicht jeder Medieneinsatz automatisch positive Effekte hat. Werden digitale Medien nicht dazu genutzt, um kognitive Lernprozesse zu unterstützen (z. B. zur Realisierung dekorativer Animationen; vgl. Höfler & Leutner, 2007), treten wie angenommen keine positiven Effekte auf. Auch die die aktive Aktivitätsebene zeigen sich zwar im Durchschnitt positive Effekte, aber nur auf kleinem Niveau.

Die Befunde zu These 2 ‚Digitale Medien, die dazu genutzt werden die Aktivitätsebene zu steigern, haben einen positiven Effekt auf den Lernerfolg‘ zeigen dies sowohl für den Sprung von der aktiven zur konstruktiven Aktivitätsebene als auch beim Sprung von der konstruktiven zur interaktiven Aktivitätsebene. Die Befunde unterstützen damit die These. Es ist aber einschränkend anzumerken, dass durch die Konfundierung von Aktivitätsebene und der Unterstützung der spezifischen kognitiven Prozesse Vorsicht bei der Interpretation im Sinne der These geboten ist.

Insgesamt stützen die Befunde zu beiden Fragestellungen/Thesen die ICAP-Taxonomie (Chi, 2009) und die Annahmen über den Zusammenhang der unterschiedlichen Aktivitätsebenen mit dem Lernerfolg. Darüber hinaus ergänzt die These 1 die ICAP-Taxonomie um den Aspekt der Rolle der Bandbreite von Aktivitäten innerhalb einer Aktivitätsebene: Die Befunde legen nahe, dass z. B. nicht nur zwischen ‚aktiv‘ und ‚passiv‘ unterschieden werden muss, sondern darüber hinaus auch innerhalb der ‚konstruktiven‘ und ‚passiven‘ Aktivitätsebene Qualitätsunterschiede vorhanden sind. Es stellt sich darauf aufbauend auch die Frage, ob sehr gut unterstützte Phasen auf der ‚passiven‘ Aktivitätsebene effektiver sein können als schlecht realisierte Phasen auf der ‚aktiven‘ Aktivitätsebene. Insbesondere während konstruktiver und interaktiver Lernphasen lassen empirische Befunde zum Scaffolding und zum kooperativen Lernen darauf schließen, dass eine an das Vorwissen angepasste prozessbezogene Unterstützung notwendig ist, um positive Effekte zu erzielen (z. B. Weinberger, Stegmann & Fischer, 2010).

Auch wenn die Befunde sich gut in die bestehenden theoretischen Annahmen zur Unterrichtsqualität und der ICAP-Taxonomie einfügen und sie ergänzen, muss jedoch die Belastbarkeit der Befunde eingeschränkt werden. Die in den Metaanalysen untersuchten Arten des Einsatzes digitaler Medien ist stark limitiert. Neuere Anwendungen wie z. B. mobile learning werden nicht abgedeckt. Die Variation an unterschiedlichen Einsatzarten digitaler Medien ist spätestens auf Ebene einzelner Vergleiche suboptimal (z. B. beim Vergleich zwischen konstruktiver und interaktiver Aktivitätsebene) bzw. gab es zu einigen Vergleichen keine Effektstärken (z. B. für den Vergleich von interaktiven Lernaktivitäten in Kontroll- und Experimentalbedingung). Darüber hinaus führen die nicht systematisch vorhandenen Informationen über die Heterogenität der Effektstärken dazu, dass weitere Interaktionseffekte mit deutlich höheren und niedrigeren Effektstärken für bestimmte Rahmenbedingungen nicht ausgeschlossen werden können. Schließlich besteht auch noch eine Unsicherheit bezüglich der akkuraten Klassifikation nach ICAP-Taxonomie der Kontroll- und Experimentalbedingungen. Die Darstellung gerade der in den Metaanalysen inkludierten Kontrollbedingungen war häufig auf Schlagwörter wie ‚traditioneller Unterricht‘ beschränkt.

Neben der Frage nach der Generalisierbarkeit der in diesem Beitrag formulierten Thesen zum effektiven Einsatz digitaler Medien im Unterricht bedarf es auch noch einer weiteren Präzisierung der Thesen. Insbesondere These 1 („Digitale Medien, die dazu genutzt werden die Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter kognitiver Prozesse innerhalb einer Aktivitätsebene zu erhöhen, haben einen positiven Effekt auf den Lernerfolg.“) muss detaillierter beschrieben werden, wann ein spezifischer Einsatz das Kriterium erfüllt, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter kognitiver Prozesse zu fördern und um welche kognitiven Prozesse es sich dabei konkret handelt. Außerdem ist Unterricht in der Regel nicht passiv, aktiv, konstruktiv *oder* interaktiv, sondern vielmehr eine dynamische Abfolge von Aktivitäten auf unterschiedlichen Aktivitätsebenen. Für die Bereitstellung von Wissen zur Gestaltung von Unterricht ist es daher auch notwendig, die Frage nach den Effekten der Sequenzierung von Phasen auf unterschiedlichen Aktivitätsebenen zu untersuchen.

Doch bereits jetzt erlauben die im Rahmen des vorliegenden systematischen Reviews von Metaanalysen gewonnenen Erkenntnisse Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht mit digitalen Medien abzuleiten. Dazu können die beiden aufgestellten Thesen in Fragen umformuliert werden, die im Rahmen der Planung von Unterricht mit digitalen Medien beantwortet werden sollten:

- 1) Wie kann mit (den verfügbaren) digitalen Medien die Aktivitätsebene während des Unterrichts gesteigert werden?
- 2) Wie kann mit (den verfügbaren) digitalen Medien die Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter kognitiver Prozesse während des Unterrichts erhöht werden?

Gibt es sowohl auf die erste als auch auf die zweite Frage keine zufriedenstellende Antwort, deuten die Befunde der Metaanalyse zwar an, dass es in der Regel keinen negativen Effekt hat, wenn digitale Medien dennoch eingesetzt werden. Ein damit zu-

sammenhängender zusätzlicher Aufwand kann in diesem Fall jedoch nicht durch einen erwarteten positiven Effekt des Einsatzes digitaler Medien auf den Lernerfolg gerechtfertigt werden. Es wird zahlreiche Situationen geben, in denen die Steigerung der Aktivitätsebene und die Unterstützung der spezifischen kognitiven Prozesse auch (weiterhin) ohne digitale Medien gelingt. Der Einsatz digitaler Medien zur effektiven Gestaltung des Unterrichts sollte aber zum selbstverständlichen Methodenrepertoire von Lehrkräften gehören.

Literatur

- Arnold, I. (2011). John Hattie: Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. *International Review of Education*, 57, 219–221.
- Beywl, W., & Zierer, K. (2015). Lernen sichtbar machen erweitert: Vorwort zur erweiterten Auflage. In J. Hattie, *Lernen sichtbar machen: Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von Visible Learning* (S. XXVII–XXIX). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.
- Brügelmann, H. (2014). Gilt nach Hattie: Je häufiger, desto besser? Zur Bedeutung von „Evidenzbasierung“ für pädagogisches Handeln vor Ort. In E. Terhart (Hrsg.), *Die Hattie-Studie in der Diskussion: Probleme sichtbar machen* (S. 38–50). Seelze: Klett Kallmeyer.
- Chi, M. T. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in cognitive science*, 1(1), 73–105.
- Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational psychologist*, 49(4), 219–243.
- Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational technology research and development*, 42(2), 21–29.
- Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., & Killingsworth, S. (2013). *Digital games for learning: A systematic review and meta-analysis*. SRI International. <http://www.sri.com/sites/default/files/brochures/digital-games-for-learning-brief.pdf> [27. 11. 2019].
- Cheung, A. C., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113.
- Goldberg, A., Russell, M., & Cook, A. (2003). The effect of computers on student writing: A meta-analysis of studies from 1992–2002. *The Journal of Technology, Learning and Assessment*, 2(1), 1–51.
- Graham, S., McKeown, D., Kiuahara, S., & Harris K. R. (2012). A meta-analysis of writing instruction for students in the elementary grades. *Journal of Educational Psychology*, 104(4), 879–896.
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge
- Helmke, T., Helmke, A., Schrader, F.-W., Wagner, W., Nold, G., & Schröder, K. (2008). Die Videostudie des Englischunterrichts. In DESI-Konsortium (Hrsg.), *Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch. Ergebnisse der DESI-Studie* (S. 345–365). Weinheim: Beltz.
- Höfller, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17, 722–738.

- Kunter, M., & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. Mayer & R. E. Mayer (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 43–71). Cambridge: Cambridge University Press.
- Menekse, M., Stump, G. S., Krause, S., & Chi, M. T. (2013). Differentiated overt learning activities for effective instruction in engineering classrooms. *Journal of Engineering Education*, 102(3), 346–374.
- Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of educational research*, 76(3), 413–448.
- Snook, I., O'Neill, J., Clark, J., O'Neill, A.-M., & Openshaw, R. (2009). Invisible learnings? A commentary on John Hattie's book: Visible Learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. *New Zealand Journal of Educational Studies*, 44(1), 93–106.
- Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2014). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on college students' academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 106(2), 331–347.
- Stegmann, K., & Fischer, F. (2016). *Auswirkungen digitaler Medien auf den Wissens- und Kompetenzerwerb an der Hochschule. Kurzbericht im Rahmen eines Experten-Hearings des Wissenschaftsrats*. München: LMU. <https://epub.ub.uni-muenchen.de/38264/> [27. 11. 2019].
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: a second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research*, 81(1), 4–28.
- Terhart, E. (2011). Has John Hattie really found the holy grail of research on teaching? An extended review of „Visible Learning“. *Journal of Curriculum Studies*, 43(3), 425–438.
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221.
- Wecker, C., Vogel, F., & Hetmanek, A. (2017). Visionär und imposant – aber auch belastbar? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 20(1), 21–40.
- Weinberger, A., Stegmann, K., & Fischer, F. (2010). Learning to argue online: Scripted groups surpass individuals (unscripted groups do not). *Computers in Human behavior*, 26(4), 506–515.
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249.

Abstract: This systematic review of meta analyses on the effects of digital media in school examined the question, to what extent digital media affects the quality of teaching with respect of cognitive activation. The control conditions and experimental conditions of 79 effect sizes from 10 meta analyses were coded using the ICAP taxonomy. The ICAP taxonomy specifies four levels of cognitive activation: (1) passive, (2) active, (3) constructive and (4) interactive. Effect sizes were clustered by effects of digital media within the same level of cognitive activation and between different levels of cognitive activation. Results support the assumption that digital media are an effective means to support learning, if digital media are used to facilitate specific cognitive processes. Also supported, is the assumption that digital media are an effective means to support learning, if digital media are used to increase the level of cognitive activation.

Keywords: Systematic Review, Digital Media, ICAP, Digitalisation of Teaching in School, Learning with Digital Media

Anschrift des Autors

PD Dr. Karsten Stegmann, Ludwig-Maximilians-Universität München,
Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie,
Department Psychologie,
Leopoldstraße 13, 80802 München, Deutschland
E-Mail: stegmann@lmu.de