



Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht und Schülerleistungen. Ein internationaler Vergleich von Bedingungsfaktoren auf Schulebene auf der Grundlage von PISA 2012

Julia Gerick

Technische Universität Dortmund

Birgit Eickelmann

Universität Paderborn

Abstract

The present article examines determinants on the school level of using new technologies in teaching as well as relations between the use of these technologies and student performance in the mathematical domain in a context of international comparison.

For a secondary data analysis of the PISA 2012 data set, the PISA data of Australia, the Netherlands, Norway and Singapore will be consulted in addition to the German sample as these four educational systems take on a pioneering role with respect to the use of digital media in teaching. With the aid of the theoretical framework '*Relating school development and school efficiency to digital media*' (Eickelmann, 2012) and supported by an analytical model for the school level which is focalized in the course of this article, (1) factors of school leadership, (2) school visions or educational strategies, (3) teaching staff's attitudes and (4) schools' IT equipment as well as students' mathematical performance – all of which have been identified as relevant throughout the manifold research on the use of digital media – will be analyzed by means of multi-level path models. For one thing, the analyses in this article examine school characteristics with respect to their effect on the use of digital media in mathematics classes. For another thing, a possible relation between these factors and the students' mathematical performance will be assessed. The results demonstrate that determinants on the school level do play a role in the integration of digital media into teaching, while factors classified as relevant differ across educational systems what presumably can be explained by cultural and educational differences in the respective educational system. However, the analysis shows that the effect of ICT use at school, for instance, does not have a negative impact on the students' mathematical competence – as is the case in Germany and

the Netherlands – in all educational systems. In addition to specific findings for the countries considered, the international comparison therefore equally reveals strengths as well as potentialities for the different educational systems.

1. Einleitung

Seit mehr als zwei Jahrzehnten wird der Einsatz digitaler Medien neben den klassischen Bedingungsfeldern schulischer Leistungen – wie individuelle Merkmale von Schülerinnen und Schülern – als relevanter Faktor für den fachlichen und überfachlichen schulischen Kompetenzerwerb betrachtet (u.a. Eickelmann & Schulz-Zander, 2010; Helmke, 2004; Helmke & Schrader, 2006; Herzig & Grafe, 2006; Schulz-Zander & Riegas-Staackmann, 2004; Senkbeil & Wittwer, 2006; Wang, Haertel & Walberg, 1993). In bisherigen Untersuchungen zum Einsatz digitaler Medien wurde deutlich, dass sich die vorliegenden Befunde zum fachspezifischen Lernerfolg in der Zusammenschau ambivalent darstellen. In den vorliegenden Untersuchungen zum Zusammenhang des Einsatzes digitaler Medien mit Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler wird vielfach herausgearbeitet, dass neben Variablen auf der Prozessebene des Unterrichts sowie Lehrervariablen wie Einstellungen und Alter der Lehrpersonen vor allem die Variablen auf der Prozessebene der Schule betrachtet werden müssen, um zu beschreiben und zu erklären, unter welchen Bedingungen der Einsatz digitaler Medien in schulischen Lehr- und Lernprozessen wirksam für den Kompetenzerwerb ist. In der Zusammenschau der Literatur wird weiterhin vor allem in Bezug auf den bereichsspezifischen Kompetenzerwerb deutlich, dass oftmals die bisherigen Untersuchungen nicht abschließend Aufschluss darüber geben können, unter welchen Bedingungen auf Schulebene der Einsatz digitaler Medien mit dem schulischen Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern zusammenhängt. Dabei erfassen zahlreiche der vorliegenden Studien schulische Rahmenbedingungen durchaus differenziert, ermitteln aber die fachspezifischen Leistungen bzw. deren Veränderung durch den Einsatz digitaler Medien in der Regel lediglich über Selbst- bzw. Fremdeinschätzungen. Zielführendere Leistungs- bzw. Kompetenztests werden dabei allerdings nur in wenigen Studien eingesetzt, und wenn Tests eingesetzt werden, bleibt oft unklar, welche Kompetenzkonzepte den Tests zugrunde liegen. Weiterhin gibt der internationale Forschungsstand Hinweise darauf, dass sich die Zusammenhänge in unterschiedlichen Bildungssystemen unterschiedlich darstellen, wenngleich oftmals kein direkter Vergleich der Befunde möglich ist, da den jeweils nationalen Untersuchungen unterschiedliche Forschungsdesigns zugrunde liegen.

An dieser Forschungslücke setzt der vorliegende Beitrag an: Er untersucht die Bedingungsfaktoren für den Einsatz digitaler Medien im Unterricht und fokussiert dabei auf die Schulebene. Weiterhin werden die Zusammenhänge dieser Ebene mit

Schülerleistungen – in Deutschland und im internationalen Vergleich – empirisch untersucht. Dieser Untersuchung liegen sowohl differenzierte Informationen über schulische Prozessfaktoren als auch bereichsspezifische Kompetenztests zugrunde. Dabei wird auf der Grundlage von Daten aus PISA 2012 sekundäranalytisch exemplarisch der mathematische Kompetenzbereich betrachtet. In Bezug auf das Fach Mathematik hat auch die fachdidaktische Literatur schon frühzeitig darauf hingewiesen, dass das Fach sowohl in Bezug auf Methoden als auch auf Inhalte eine hohe Affinität zum Computereinsatz im Unterricht hat (u.a. Barzel, Hußmann & Leuders, 2005). In diesem Beitrag werden die sich aus dem einschlägigen Forschungsstand als besonders relevant ergebenden Faktoren auf der Schulebene, wie das Schulleitungshandeln, schulische Visionen bzw. Strategien, Einstellungen der Lehrpersonen und die IT-Ausstattungslage der Schulen betrachtet und deren Zusammenhang mit dem Einsatz digitaler Medien im Unterricht sowie schließlich mit der mathematischen Kompetenz von Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe untersucht. Als methodischer Ansatz werden Mehrebenenpfadmodelle zur Identifikation von Effekten der Rahmenbedingungen auf die Computernutzung und Schülerleistung für Deutschland vergleichend mit vier weiteren Bildungssystemen durchgeführt, um die theoriegeleitet entwickelten Annahmen anhand der PISA-Daten zu überprüfen. Im internationalen Vergleich, der neben Informationen über die verschiedenen Bildungssysteme auch die Analyse der Relevanz der betrachteten Indikatoren im internationalen Vergleich ermöglicht, werden Bildungssysteme herangezogen, die bezüglich der Implementation digitaler Medien bereits auf eine längere Tradition – manifestiert durch eine langjährige Verankerung digitaler Medien in schulischen Curricula sowie bildungssystemweite Gesamtkonzepte und Strategien – zurückblicken: Auf europäischer Ebene werden *Norwegen* und die *Niederlande* betrachtet. Bei den asiatischen Ländern nimmt besonders *Singapur* eine Vorreiterrolle ein und wird daher vergleichend herangezogen. Darüber hinaus fördert *Australien* seit Jahren besonders systematisch die Integration digitaler Medien in Schulen und bietet damit für den in diesem Beitrag angestrebten internationalen Vergleich eine weitere interessante Perspektive, die zusammen mit den Befunden der weiteren Länder, ermöglicht, die Ergebnisse für Deutschland zu verorten. Für die ausgewählten Bildungssysteme können die vorgenannten schulischen Bedingungsfaktoren wie auch die Nutzung im Unterricht vergleichend analysiert werden, da sie im Rahmen von PISA 2012 identisch konzeptualisiert und operationalisiert wurden. Die Ergebnisse des PISA-Kompetenztests im Fach Mathematik werden schließlich als Indikator für die Schülerleistung einbezogen, wobei diese sowohl auf der Individualebene als mathematische Kompetenz der einzelnen Schülerinnen und Schüler als auch auf der Schulebene als mittlere Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler einer Schule herangezogen und modelliert werden. Der Auf-

bau und das Vorgehen dieses Beitrags umfassen, nach einer theoretischen Verortung des Beitrags, den nationalen und internationalen Forschungsstand, die Ableitung und Präzisierung der Forschungsfragen und Teilfragestellungen sowie die Darstellung der Ergebnisse der eigenen Analysen. Schließlich werden die gewonnenen Ergebnisse auf theoretischer und empirischer Grundlage diskutiert.

2. Theoretische Verortung von Bedingungsfaktoren auf Schulebene für die Nutzung neuer Technologien im Unterricht und Zusammenhänge mit Schülerleistungen sowie aktuelle Forschungsbefunde

2.1 Theoretische Verortung

Grundlage für viele Studien zur schulischen Wirksamkeit sind Modelle zur Schulleffektivität und Schulqualität, die auf der Grundlage theoretischer Ansätze und empirischer Befunde versuchen, zuvor identifizierte relevante Bedingungsfaktoren schulischer Wirksamkeit zu modellieren und deren Zusammenhänge untereinander abzubilden. Nicht zuletzt hat eine weltweit zu beobachtende Orientierung hin zu einer stärker output-orientierten Steuerung von Bildungssystemen dazu geführt, dass mittels sogenannter Schulleffektivitäts- und CIPO-Modelle (mit den Ebenen Context, Input, Process, Output) die Bedingungen der Wirksamkeit von Schule beschrieben werden (Baumert, Blum & Neubrand, 2004; Creemers & Kyriakides, 2008). Besonderes Interesse gilt hier der Prozessebene der Schule, die als die Ebene charakterisiert werden kann, die sowohl unterrichts- als auch schulbezogene Faktoren modelliert, welche von den Schulen selbst gestaltet werden können. Beispiele solcher Faktoren auf Schulebene sind etwa das Schulleitungshandeln, Maßnahmen zur Personalentwicklung sowie schulinterne Kooperationsstrukturen (u.a. Ditton, 2000; Scheerens, 2000). Auf der Ebene des Unterrichts gelten Maßnahmen zur Sicherung und Entwicklung von Unterrichtsqualität als maßgeblich. Die verschiedenen vorgenannten und weitere Modelle aus dem Bereich der Schulleffektivitätsforschung stellen unterschiedliche Faktoren heraus, wobei die jeweils zeitgemäßen Merkmale guten Unterrichts, wie etwa zuletzt vor allem der Umgang mit Heterogenität, die Individualisierung von Unterricht und insgesamt die Angemessenheit des unterrichtlichen Angebots, entscheidende Faktoren sind, die sich in diese Modelle integrieren lassen. Letztlich gilt es auf der Prozessebene, diejenigen Faktoren zu identifizieren, die Schulen so gestalten können, dass sie ihre Ziele im Sinne der Outputs (kurzfristig) und Outcomes (längerfristig) auf Schülerebene vor allem im Hinblick auf die Kompetenzentwicklung erreichen.

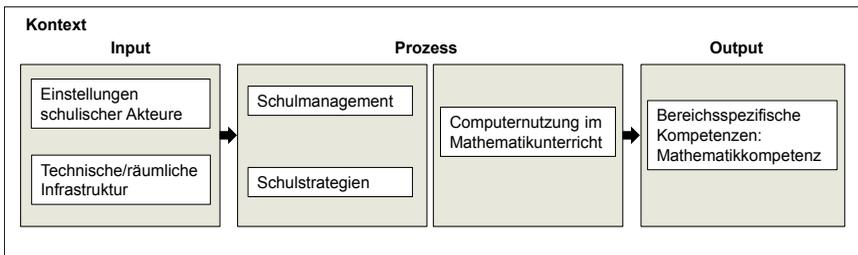
Vor dem Hintergrund des Wandels zur Informations- und Wissensgesellschaft und den stetig zunehmenden Möglichkeiten der Nutzung neuer Technologien wer-

den, wie bereits erwähnt, digitale Medien in Schulen als Prädiktor der Wirksamkeit von Schule diskutiert (vgl. u.a. Gerick, Eickelmann & Vennemann, 2014). Während in der Anfangszeit der Integration digitaler Medien in Schulen vor allem direkte fachspezifische und fachübergreifende Einsatzmöglichkeiten und deren mögliches Potenzial zur Verbesserung von Lehr- und Lernprozessen sowie Lehrervariablen insbesondere Lehrereinstellungen und die Einstellungen von Schülerinnen und Schülern und deren wahrgenommener Mehrwert des Computereinsatzes (u.a. Owston, 2003) im Vordergrund standen, zeigen aktuelle Forschungen, dass diese Aspekte nicht isoliert betrachtet werden können. Als besonders wirksam für die nachhaltige und lernförderliche Integration digitaler Medien werden Faktoren auf der Schulebene eingeschätzt und deren Zusammenhang mit dem Einsatz digitaler Medien und den Wirkungen auf den Kompetenzerwerb postuliert. Diese wurden bisher aufgrund bereits oben genannter Unzulänglichkeiten vieler Studien nicht umfassend mit empirischer Evidenz bestätigt. Als umfassendes Analysemodell zur Beschreibung und Erfassung der Schuleffektivität mit digitalen Medien haben Eickelmann und Schulz-Zander (2008) ein Modell schulischer Wirksamkeit mit digitalen Medien entwickelt, das auf der Grundlage von bestehenden Schuleffektivitätsmodellen Faktoren auf allen schulischen Ebenen umfasst und so den Spezifika der Integration digitaler Medien in der Schule Rechnung trägt. Dieses Modell hat Eickelmann (2012) weiter ausdifferenziert und um neue Entwicklungen (z.B. der Ergänzung von computer- und informationsbezogenen Kompetenzen als überfachliche Kompetenzen auf der Outputebene) ergänzt. Mit der Fokussierung auf den Bereich der digitalen Medien in Schulen bildet es – anknüpfend an allgemeine Modelle schulischer Wirksamkeit – den theoretischen Rahmen für den vorliegenden Beitrag. Das Modell von Eickelmann (2012) umfasst neben Input- und Kontextbedingungen auch Faktoren auf der Prozessebene des Unterrichts (z.B. zur Veränderung der Lernkultur mit digitalen Medien) sowie auf der Prozessebene der Schule (z.B. Aspekte des IT-Managements durch die Schulleitung; die Formulierung der Relevanz der Integration digitaler Medien, u.a. zur Erreichung pädagogischer Ziele der Schule). Es führt damit als relevant erachtete Faktoren schulischer Wirksamkeit unter Berücksichtigung der Integration digitaler Medien in Schulen auf theoretischer und empirischer Basis zusammen (Eickelmann & Schulz-Zander, 2008; Eickelmann, 2012).

Auf der Grundlage des Modells von Eickelmann (2012) wird in diesem Beitrag der theoretische Zusammenhang zwischen Faktoren auf der schulischen Input-, Prozess- und Outputebene in Teilen einer empirischen Überprüfung unterzogen, wobei insbesondere die vorgenannten Faktoren auf der Schulebene betrachtet werden. Dabei wird entlang eines dem Beitrag zugrunde liegenden, aus dem Modell von Eickelmann (2012) abgeleiteten und fokussierten Analysemodells (vgl.

Abb. 1), das auf der Grundlage einer Literaturzusammenschau besonders relevante Faktoren integriert (vgl. Abschnitt 2.2.), die Bedeutung von Bedingungsfaktoren auf der Schulebene für den unterrichtlichen Einsatz digitaler Medien und Schülerleistungen im internationalen Vergleich untersucht. Insbesondere wird mit dieser theoretischen Rahmung auf die Relevanz von Schulleitungshandeln, Schulstrategien, Lehrereinstellungen und schulischer Ausstattung für den Computereinsatz im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I und Zusammenhänge mit Schülerleistungen im Fach Mathematik auf der Grundlage von PISA 2012 Bezug genommen.

Abbildung 1: Analysemodell zur Bedeutung schulischer Bedingungsfaktoren für den unterrichtlichen Einsatz digitaler Medien im (Mathematik-)Unterricht und bereichsspezifischen Kompetenzen



Neben den Einstellungen schulischer Akteure gilt eine geeignete technische und räumliche Infrastruktur mit einem IT-Ausstattungskonzept, das sich im Idealfall an den pädagogischen Bedürfnissen der Einzelschule orientiert, als notwendig, aber nicht hinreichende Bedingung (u.a. Eickelmann & Schulz-Zander, 2006; Pacher & Kern, 2005). Die technische Ausstattung und die Wartung der Geräte sowie die schulischen Herausforderungen hinsichtlich der IT-Ausstattung sind aus Schulentwicklungssicht im Bereich der schulischen Technologieentwicklung anzusiedeln (u.a. Schulz-Zander, 2001). Auf der Prozessebene sind die Kooperations- und Fortbildungsförderung, die maßgeblich durch das Schulleitungshandeln unterstützt werden kann, verortet. Der letzte Aspekt unterstreicht, in welcher Weise Schulleitungshandeln auch im Sinne der Wahrnehmung einer Machtpromotorenfunktion bei der Integration digitaler Medien in den Unterrichtsalltag von Relevanz sein kann (u.a. Eickelmann, 2010; Hunneshagen, 2005; Scholl & Prasse, 2001; Tondeur, van Keer, van Braak & Valcke, 2008). Zudem spielen in der Verbindung zu Aspekten der Organisationsentwicklung schulische Strategien zum Einsatz digitaler Medien eine Rolle, die im Kontext schulischer Prioritätensetzung, der Ausweisung von pädagogischen Zielen sowie dem Stellenwert des unterrichtlichen Einsatzes digita-

ler Medien vor dem Hintergrund der etablierten Schulkultur zu betrachten sind (u.a. Pelgrum, 2008).

2.2 Schulische Bedingungsfaktoren der Nutzung digitaler Medien im Unterricht

Im Folgenden werden wichtige nationale und internationale Befunde zu den betrachteten Faktoren auf der Input- und Prozessebene des Analysemodells zusammengetragen. Dabei wird auf der Grundlage bisheriger Befunde die Relevanz dieser Faktoren herausgearbeitet.

2.2.1 Die Relevanz der Einstellungen schulischer Akteure

Die Einstellungen und Haltungen von Lehrpersonen zum Einsatz von digitalen Medien sowie die Einschätzung ihrer eigenen computerbezogenen Fähigkeiten sind zentral für die erfolgreiche Integration von digitalen Medien in der Schule (u.a. Eickelmann, Schulz-Zander & Gerick, 2009; Eickelmann, 2010; Lawson & Comber, 1999; Petko, 2012). Diese gehen vielfach mit der Verwendung neuer, innovativer Unterrichtsmethoden einher (u.a. Schulz-Zander, 2005). Die Integration digitaler Medien durch Lehrpersonen erfolgt in der Regel in vorhandene sogenannte Unterrichtsskripts der Lehrpersonen (Müller, Blömeke & Eichler, 2006), sodass die Offenheit gegenüber neuen Formen des Lernens zentral ist. Vor allem diejenigen Lehrpersonen, die einen konstruktivistischen Ansatz von Lehren und Lernen verfolgen, sind eher geneigt, digitale Medien zu nutzen und diese in erweiterte Unterrichts- und Lernformen zu integrieren (u.a. Ertmer, 2005; Schaumburg, 2003). Zudem scheint es Lehrkräften mit positiven Einstellungen hinsichtlich digitaler Medien eher möglich, die Potenziale von computergestütztem Unterricht zu erkennen (Celik & Yesilyurt, 2013). Die Rolle der Einstellungen gegenüber der unterrichtlichen Nutzung digitaler Medien, auch im Kontext des Einsatzes neuer Unterrichtsmethoden, ist besonders in Deutschland relevant (u.a. Schulz-Zander, Hunnes-hagen, Weinreich, Brockmann & Dalmer, 2000).

2.2.2 Die Rolle der IT-Infrastruktur: Räumliche und technische Ausstattung

Die schulische Ausstattung stellt eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Implementierung digitaler Medien in Lehr- und Lernprozesse dar. Unzureichende, unzuverlässige oder veraltete IT-Ausstattung gilt hingegen als hinderlicher Faktor für die nachhaltige Nutzung von digitalen Medien im Unterricht (u.a. Eickelmann, 2010; Owston, 2003; Schulz-Zander et al., 2003). Im Gegensatz zur Primarstufe, für die im Rahmen von TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*, vgl. hierzu Drossel, Wendt, Schmitz & Eickelmann, 2012) die Verfügbarkeit von digitalen Medien für den Mathematikunterricht erhoben wird, liegen für die

Sekundarstufe keine aktuellen Daten vor, sodass sich die nachfolgenden Forschungsergebnisse auf die IT-Infrastruktur im Allgemeinen beziehen.

Die IT-Ausstattungssituation hat sich in Deutschland und weltweit deutlich verbessert (u.a. Eickelmann, 2010; OECD, 2010; OECD, 2011). Auf internationaler Ebene zeigt sich allerdings eine große Variabilität hinsichtlich der Verfügbarkeit von computerbasierten Ressourcen (Anderson & Ainley, 2010; Pelgrum & Doornekamp, 2009). Eine aktuelle Untersuchung der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2013 ermittelte für die achte Jahrgangsstufe, dass sich im EU-Durchschnitt fünf Schülerinnen und Schüler einen Computer teilen. Dabei zeigt sich in den skandinavischen Ländern (Schweden, Norwegen und Dänemark) sowie Spanien das beste Verhältnis im europäischen Vergleich¹ (Europäische Kommission, 2013).

Aktuelle Befunde zeigen im internationalen Vergleich für die Sekundarstufe I, dass mehr als zwei Drittel der Schülerinnen und Schüler eine Schule besuchen, deren Schulleitung berichtet, dass das schulische Lernen nicht oder kaum durch einen Mangel oder Unzulänglichkeiten an Computern für Unterrichtszwecke (66 %), Lernsoftware für den Unterricht (68 %) oder durch fehlende oder schlechte Internetverbindung (79 %) beeinträchtigt ist (OECD, 2013a). Allerdings zeigen sich auch in dieser Hinsicht zum Teil große Unterschiede zwischen den Teilnehmerländern. Während Deutschland in allen drei betrachteten Aspekten etwa im Bereich des OECD-Mittelwerts zu verorten ist, werden in den ebenfalls im Rahmen dieses Beitrags betrachteten Länder Australien und Singapur deutlich weniger Beeinträchtigungen berichtet. Die Lage in Norwegen, einem Land, das ebenfalls in den nachfolgenden Analysen betrachtet wird, stellt sich dagegen geringfügig ungünstiger als im Vergleich mit dem OECD-Mittelwert dar: Lediglich etwa zwei Drittel der Schülerinnen und Schüler besuchen eine Schule, in der die Schulleitung keine oder kaum Beeinträchtigungen durch mangelnde Computer- oder Internetausstattung angibt (ebd.). Für die Niederlande, als fünftes Land des hier betrachteten Vergleichs, ergibt sich ein überdurchschnittlicher Mangel an Computern für Unterrichtszwecke (54 %). Die beiden anderen Ausstattungsmerkmale (Lernsoftware und Internetanbindung) liegen auf der Grundlage der von Schulleitungen eingeschätzten Beeinträchtigungen im Bereich des OECD-Mittelwerts (ebd.). Die Betrachtung von Ausstattungsproblemen über die letzten Jahre in der Sekundarstufe I im OECD-Vergleich im Zeitraum von 2003 bis 2012 zeigt, dass in vielen Ländern – aus Schulleitungssicht – eine zum Teil erhebliche Reduzierung der Beeinträchtigung des Unterrichts durch mangelnde oder unzureichende Computerausstattung für Unterrichtszwecke zu verzeichnen ist. Diese Entwicklung trifft vor allem auf Irland und Deutschland zu. Allerdings haben auch in einigen Ländern die berichteten Beeinträchtigungen innerhalb des betrachteten Zeitraums von neun Jahren zugenom-

men. Hier sind zum Beispiel die Niederlande und das Ausstattungsmerkmal ‚Ausstattung mit Lernsoftware‘ zu nennen (vgl. ebd.).

Sowohl auf wissenschaftlicher als auch auf schulpraktischer Ebene zeigt sich somit, dass nach wie vor IT-Ausstattungsprobleme diskutiert werden müssen, da zahlreiche Befunde vorliegen, die zeigen, dass eine unzureichende Ausstattung aus Lehrersicht den Einsatz von digitalen Medien in Lehr- und Lernprozesse verhindert (Europäische Kommission, 2013). Trotz der großen Bedeutsamkeit der schulischen Ausstattung mit digitalen Medien für die Initiierung von computergestützten Lehr- und Lernprozessen kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Quantität der schulischen Ausstattung mit digitalen Medien an sich bereits förderlich ist (u.a. Breiter, Welling & Stolpmann, 2010; Hattie, 2009). Vielmehr kommt es auf die pädagogische Passung der vorhandenen IT-Ausstattung der Schule sowie auf die qualitative Einbindung in (fach-)unterrichtliche Lernprozesse an (u.a. Eickelmann, 2010).

2.2.3 Befunde zum Schulleitungshandeln und IT-Management in Schulen

Schulleitungen gelten auf nationaler und auf internationaler Ebene als einer der bedeutendsten Faktoren für die erfolgreiche Integration digitaler Medien in die Schule (u.a. Anderson & Dexter, 2000; Breiter, 2007; Breiter, Welling & Stolpmann, 2010; Dawson & Rakes, 2003; Dexter, 2008; Eickelmann, 2013; Ottestad, 2013). Schulleitungen können Bedingungen schaffen, die es den Lehrkräften ermöglichen oder erleichtern, digitale Medien im Unterricht zu nutzen (Eickelmann & Schulz-Zander, 2006; Tondeur et al., 2008). Dabei ist die Unterstützung der Entwicklung von geteilten Visionen und Zielen darüber, wie digitale Medien in Lehr- und Lernprozessen genutzt werden können, durch die Schulleitung besonders bedeutsam (u.a. Dexter, Anderson & Becker, 1999; Hughes & Zachariah, 2001; Pelgrum, 2008). Gemeinsame Visionen und Ziele der Schule zur Nutzung von digitalen Medien in der Schule und im Unterricht schlagen sich u.a. in der Erstellung von Medienkonzepten nieder, für deren Erstellung die Schulleitungen in Deutschland in der Regel die Hauptverantwortung tragen (u.a. Wiggenhorn & Vorndran, 2003). Schulische Medienkonzepte können in diesem Kontext als Instrument der schulischen Qualitätsentwicklung und -sicherung verstanden werden (u.a. Gerick, Drossel & Eickelmann, 2014).

Neben anderen Studien auf nationaler und internationaler Ebene zeigen vor allem die Befunde der IEA-Studie SITES 2006, die sich explizit auch auf den Einsatz digitaler Medien im Fach Mathematik und in den Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I bezieht, dass Schulleitungen in den meisten Teilnehmerländern der Ermutigung der Lehrpersonen, ihren Schülerinnen und Schülern einen verantwortungsvollen Umgang mit dem Internet beizubringen, eine hohe Bedeutung beimes-

sen (Pelgrum, 2008). Die Schulleitungen bewerten zudem die technologiebezogene Vision des lebenslangen Lernens als relevant. Die bereits angeführte Studie der Europäischen Kommission (2013) zeigt, dass Schulleitungen in den beteiligten Ländern digitalen Medien einen besonderen Stellenwert beimessen: Fast alle Schülerinnen und Schüler der achten Jahrgangsstufe besuchen eine Schule, in der die Schulleitung der Aussage zustimmt, dass neue Technologien und der kompetente Umgang mit neuen Technologien unverzichtbar für Schülerinnen und Schüler im 21. Jahrhundert sind (ebd.).

Vor allem bei der Schaffung schulischer Rahmenbedingungen kommt den Schulleitungen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien eine besondere Rolle zu, beispielsweise bei der Eröffnung von Möglichkeiten der Lehrerverkooperation sowie bei der Fortbildungsförderung. Insbesondere die *Kooperation* zwischen Lehrpersonen spielt im Kontext der Integration digitaler Medien eine wichtige Rolle (u.a. Dexter, Seashore & Anderson, 2002; Eickelmann & Schulz-Zander, 2008; Eickelmann, 2010; Hunneshagen, 2005; Looi, Lim & Chen, 2008). Mit Lehrerverkooperation wird die Erwartung verknüpft, ein aufeinander abgestimmtes Lehrerhandeln zu ermöglichen sowie die Professionalisierung von Lehrkräften und die Integration von digitalen Medien in Lehr- und Lernprozesse zu unterstützen (u.a. Eickelmann, 2010). Basierend auf einer SITES-M2-Fallstudienuntersuchung konnte der positive Beitrag von professionellen Gemeinschaften in Schulen für die nachhaltige Integration digitaler Medien, für die Definition schulischer Ziele und Visionen sowie für die kontinuierliche Weiterentwicklung der Schule im Hinblick auf den Einsatz digitaler Medien gezeigt werden und Ergebnisse auf internationaler Ebene auch in Schulen in Deutschland stützen. In diesem Zusammenhang wurden gegenseitige Unterrichtsbesuche als besonders nützlich herausgestellt (Dexter, Seashore & Anderson, 2002). Auch die *Personalentwicklung und Fortbildungsförderung* der Lehrpersonen lässt sich als Aufgabe der Schulleitung beschreiben. Da medienbezogene Inhalte im Rahmen der Lehrerbildung insbesondere in Deutschland eine untergeordnete Rolle spielen, gewinnen berufsbegleitende Lehrerfortbildungen eine besondere Bedeutung für die Entwicklung medienpädagogischer Kompetenz bei Lehrpersonen (u.a. Breiter et al., 2010; Herzig & Grafe, 2006). Lehrerfortbildungen gelten als entscheidender Bedingungsfaktor für den Einsatz digitaler Medien im Unterricht (Eickelmann, 2010; Galanouli, Murphy & Gardner, 2004). Hinsichtlich der Teilnahme aus Lehrersicht wird im Rahmen von SITES 2006 deutlich, dass tendenziell eher technische als didaktische Fortbildungen besucht werden (Law & Chow, 2008). Auf europäischer Ebene zeigt sich, dass mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler der achten Jahrgangsstufe von Lehrpersonen unterrichtet wird, die im Zeitraum der letzten zwei Jahre Fortbildungen zur technischen An-

wendung sowie pädagogische Kurse zum Einsatz digitaler Medien besucht haben (Europäische Kommission, 2013).

Abschließend muss allerdings konstatiert werden, dass technologiebezogene Fortbildungen nur dann für einen adäquaten Unterrichtseinsatz förderlich sind, wenn andere Aspekte, wie eine gute Ausstattungssituation oder ausreichender technischer Support und Unterstützung durch die Schulleitung, in der Schule gegeben sind (u.a. Hunneshagen, 2005; Williams, Coles, Richardson, Wilson & Tuson, 2000). Dies unterstreicht, dass die im Analysemodell dieses Beitrags zusammengeführten Faktoren nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können.

2.2.4 Die Relevanz schulischer Strategien

Einen weiteren relevanten Bereich schulischer Bedingungsfaktoren stellen Schulstrategien und computerbezogene Prioritäten zum Einsatz digitaler Medien in Schule und Unterricht dar, die vom Kollegium, aber auch maßgeblich von der Schulleitung, entwickelt und gestaltet werden. Im Rahmen von SITES 2006 stellte sich etwa heraus, dass sich die Schwerpunkte der technologiebezogenen Prioritäten im internationalen Vergleich höchst unterschiedlich verteilen (Pelgrum, 2008). So hat die Verbesserung des Schüler-Computer-Verhältnisses in Chile, Israel und Thailand fast an zwei Dritteln der Schulen eine hohe Priorität, in Finnland, Singapur und Hongkong dagegen nur für weniger als ein Viertel der Schulleitungen. Dies zeigt exemplarisch, wie die einzelnen Faktoren wie Schulstrategien, Schulleitungshandeln und IT-Ausstattung zusammenwirken. Dabei wirken schulische Strategien und Prioritätensetzung auch über die Ebene der Personalentwicklung. So konnte Eickelmann (2010) basierend auf Fallstudien zeigen, dass Schulen dann besonders erfolgreich digitale Medien implementieren, wenn sie Personal selbst auswählen und einstellen können. Als erfolgreichste Fallschule erwies sich die Schule, die im Rahmen der Lehrerausbildung in der zweiten Phase (Referendariat) ihr Personal zunächst gezielt ausbildete und dann über besondere Verfahren (wie sogenannte schulscharfe Ausschreibungen) übernehmen konnte.

2.3 Forschungsdesiderat und forschungsleitende Fragestellung

Auf Grundlage des dargestellten Forschungsstands wird die Bedeutsamkeit der oben ausgewählten zentralen Faktoren für den Einsatz digitaler Medien deutlich. Allerdings zeigen die vorliegenden Arbeiten auch deutliche Forschungslücken auf: So liegen bislang keine Untersuchungen vor, die repräsentativ und international vergleichend eine simultane Betrachtung schulischer Bedingungsfaktoren für die Computernutzung im Fachunterricht vornehmen. Zudem mangelt es noch an Untersuchungen, die zusätzlich Zusammenhänge mit Schülerleistungen herstellen, die

mittels Kompetenztests erfasst wurden, statt lediglich auf Selbsteinschätzungen schulischer Akteure zurückzugreifen. Der vorliegende Beitrag greift diese Forschungslücken auf: Ziel der Analysen in diesem Beitrag ist eine vertiefende Betrachtung, die zum einen Hinweise darauf geben soll, ob Merkmale auf Schulebene einen Effekt auf die Nutzung von digitalen Medien im Mathematikunterricht haben und zum anderen, ob sich Zusammenhänge mit den Leistungen der Schülerinnen und Schüler im Fach Mathematik zeigen. Dem vorliegenden Beitrag liegt somit die folgende übergeordnete forschungsleitende Fragestellung zugrunde: *Welchen Effekt haben Bedingungsfaktoren auf der Schulebene auf die Nutzung digitaler Medien im Mathematikunterricht der Sekundarstufe und welche Zusammenhänge lassen sich mit der Mathematikleistung von Schülerinnen und Schülern in Deutschland und im internationalen Vergleich aufzeigen?* Dabei lassen sich zwei Teilfragestellungen identifizieren:

1. Welche Effekte weisen die Bedingungsfaktoren auf Schulebene (Schulleitungshandeln, Schulstrategien, Lehrereinstellungen, Ausstattung) auf die Computernutzung der Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht in Deutschland und im internationalen Vergleich auf?
2. In welchem Zusammenhang stehen die als relevant identifizierten Rahmenbedingungen auf Schulebene sowie die Computernutzung im Mathematikunterricht mit der Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler in Deutschland und im internationalen Vergleich?

Für die Beantwortung der beiden Teilfragestellungen werden Mehrebenenpfadmodelle spezifiziert. Den internationalen Vergleich bildet – wie oben bereits angeführt und begründet – eine Auswahl von Ländern auf verschiedenen Kontinenten, namentlich, neben Deutschland, Australien, die Niederlande, Norwegen und Singapur.

3. Empirische Analysen zu schulischen Rahmenbedingungen, der Nutzung digitaler Medien im Mathematikunterricht und der Mathematikleistung: Sekundäranalysen zu PISA 2012

3.1 Methodisches Design, Stichprobe und Instrumentierung

Der vorliegende Beitrag nutzt die Daten der PISA-Studie 2012, die als international vergleichende Schulleistungsuntersuchung alle drei Jahre als Bildungsmonitoring mit der Zielsetzung durchgeführt wird, die Leistungsfähigkeit des Bildungssystems im internationalen Vergleich zu betrachten (Sälzer & Prenzel, 2013). Die PISA-Studie wird von der OECD verantwortet. Im Studienzyklus 2012 nahmen 65 Bildungssysteme an der Untersuchung teil (OECD, 2013b). Anzumerken sei an dieser

Stelle bereits, dass aufgrund des Querschnittsdesigns von PISA 2012 keine Kausalitäten abgeleitet werden können.

Neben Schülertests, die bei PISA 2012 schwerpunktmäßig auf die mathematischen Kompetenzen der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler fokussieren, werden in PISA 2012 wie auch in den vorangegangenen PISA-Zyklen umfangreiche Hintergrundfragebögen für die Schülerinnen und Schüler eingesetzt, die eine wichtige Datengrundlage für diesen Beitrag liefern. Darüber hinaus spielt für das Erkenntnisinteresse dieses Beitrags auch der Schulfragebogen eine bedeutsame Rolle, in dem die Schulleitung wichtige Informationen zu Schulrahmendaten, aber auch zu Schulstrategien und dem eigenen Leitungshandeln gibt (vgl. ebd.).

Zur Beantwortung der beiden oben ausgeführten Teilfragestellungen wurden Mehrebenenpfadmodelle mit der Statistiksoftware *Mplus* in der Version 7 spezifiziert. Bei diesen Analysen wurden entsprechende GewichtungsvARIABLEN einbezogen, um die komplexe Datenstruktur in PISA 2012 angemessen zu berücksichtigen. Für die Mehrebenenmodellierung in *Mplus* wurde auf Individualebene (*within level*) ein um den Schulfaktor bereinigtes Schülergewicht (finales Schülergewicht geteilt durch das Schulgewicht) eingesetzt. Auf der Schulebene (*between level*) wurde das Schulgewicht berücksichtigt. Es wurde die *Full Information Maximum Likelihood*-Methode (FIML) angewendet, die in *Mplus* implementiert ist. So wurden keine fehlenden Werte imputiert, sondern Populationsparameter und Standardfehler basierend auf allen beobachteten Daten geschätzt (Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007).

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Analysetichprobe dieses Beitrags für die fünf betrachteten Bildungssysteme. Es wurden alle Fälle ausgeschlossen, die in keiner der relevanten Variablen einen gültigen Wert aufwiesen.

Tabelle 1: Analysetichprobe in den ausgewählten Bildungssystemen in PISA 2012

Land	Stichprobengröße	Anzahl Schulen	Durchschnittliche Anzahl an Schülerinnen und Schülern pro Schule
Australien	10 937	171	16.72
Deutschland	2 937	654	17.18
Niederlande	3 137	137	22.90
Norwegen	3 237	153	21.16
Singapur	4 331	148	29.26

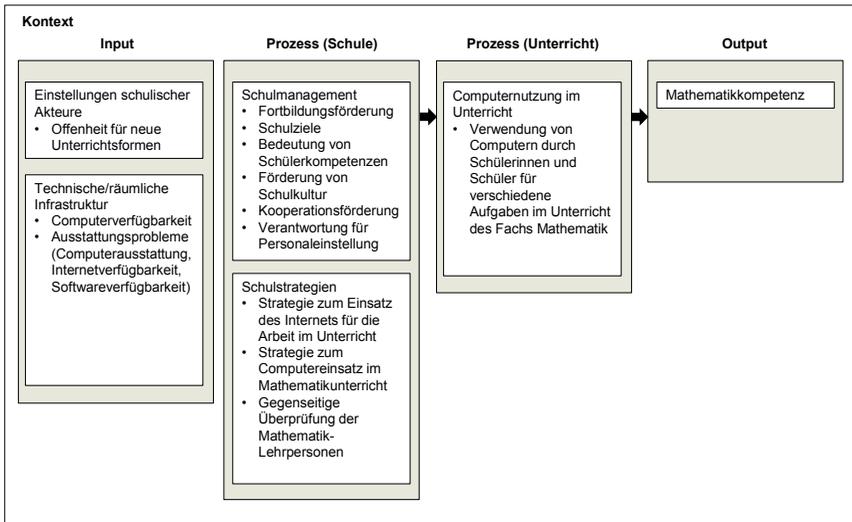
Tabelle 2: Verwendete Indikatoren aus PISA 2012

Konstrukt	Itemformulierung/Beschreibung und Kodierung
<i>Schulleitungshandeln (Schulleitungsangabe)</i>	
Fortbildungs- förderung	<i>Ich stelle sicher, dass die Fortbildungsaktivitäten der Lehrerinnen und Lehrer auf die Lehrziele abgestimmt werden.</i> (0 – weniger als einmal im Monat, 1 – einmal im Monat oder häufiger)
Schulziele	<i>Ich stelle sicher, dass die Arbeit der Lehrerinnen und Lehrer mit den Lehrzielen der Schule übereinstimmt.</i> (0 – weniger als einmal im Monat, 1 – einmal im Monat oder häufiger)
Relevanz Schüler- kompetenzen	<i>Ich lenke die Aufmerksamkeit der Lehrerinnen und Lehrer auf die Bedeutung der Entwicklung von Kritikfähigkeit und Sozialkompetenz der Schülerinnen und Schüler.</i> (0 – weniger als einmal im Monat, 1 – einmal im Monat oder häufiger)
Förderung Schulkultur	<i>Ich binde die Lehrerinnen und Lehrer beim Aufbau einer Schulkultur bei der kontinuierlichen Entwicklung mit ein.</i> (0 – weniger als einmal im Monat, 1 – einmal im Monat oder häufiger)
Kooperations- förderung	<i>Bei Zusammenkünften der Lehrerinnen und Lehrer reserviere ich ein Zeitfenster, in dem die Lehrkräfte Ideen und Informationen aus internen Schulungen mit anderen teilen können.</i> (0 – weniger als einmal im Monat, 1 – einmal im Monat oder häufiger)
Verantwortung Personal einzustellen	<i>Wer trägt an Ihrer Schule maßgebliche Verantwortung für die folgenden Aufgaben/Bereiche?</i> Einstellung von Lehrkräften durch die Schulleitung (0 – nein, 1 – ja)
<i>Schulstrategien (Schulleitungsangabe)</i>	
Strategie zum Ein- satz des Internets für die Arbeit im Unter- richt	<i>Für welchen Prozentsatz der Arbeit, die in allen Fächern insgesamt geleistet wird, erwartet die Schule von den Schülerinnen und Schülern der 9. Klasse den Gebrauch des Internets/World Wide Web? Für die Arbeit während des Unterrichts</i> (0 – bis 25 %, 1 – über 25 %)
Strategie zum Com- putereinsatz im Mathematikunterricht	<i>Die Schule hat Richtlinien zur Computernutzung im Mathematikunterricht (z.B. der quantitative Umfang der Computernutzung im Mathematikunterricht, Nutzung von speziellen Mathematikprogrammen).</i> (0 – nein, 1 – ja)
Peer Review unter Mathematiklehrper- sonen	<i>Wurden während des letzten Jahres folgende Methoden eingesetzt, um den Unterricht der Mathematiklehrerinnen und -lehrer an Ihrer Schule zu überprüfen?</i> Gegenseitige Überprüfung im Lehrerteam (Stundenpläne, Beurteilungsinstrumente, Unterricht) (0 – nein, 1 – ja)
<i>Lehrereinstellungen (Schulleitungsangabe)</i>	
Offenheit für neue Unterrichtsformen	<i>Die Mathematiklehrkräfte sind interessiert daran, neue Methoden und Unterrichtstechniken auszuprobieren.</i> (0 – stimme überhaupt nicht zu bis 3 – stimme völlig zu)
<i>Schulische IT-Ausstattung (Schulleitungsangabe)</i>	
Computer- verfügbarkeit	Anzahl der für den Unterricht für die [Zieljahrgangsstufe] zur Verfügung stehenden Computer geteilt durch die Anzahl der Schülerinnen und Schüler der [Zieljahrgangsstufe]
Ausstattungs- probleme	<i>Wird der Unterricht an Ihrer Schule durch die folgenden Faktoren beeinträchtigt?</i> a) Fehlende oder unzulängliche Computerausstattung für den Unterricht, b) Fehlende oder unzulängliche Internetanschlussmöglichkeit, c) Fehlende oder unzulängliche Computersoftware für den Unterricht (0 – überhaupt nicht bis 3 – sehr stark)
<i>Computernutzung im Mathematikunterricht (Schülerangabe)</i>	
Nutzung des Compu- ters durch die Schü- lerinnen und Schüler im Mathematikunter- richt im letzten Monat für bestimmte Aufga- ben	<i>Wurde im letzten Monat ein Computer zumindest einmal für folgende Aufgaben im Mathematikunterricht verwendet?</i> Ja, von Schülern/Schülerinnen Berechnung eines Index zur Nutzung des Computers im Mathematikunterricht durch die Schülerinnen und Schüler, in den vier Aufgaben eingehen: Zeichnen von Funktionsgraphen, Darstellen geometrischer Figuren, Eingeben von Daten in eine Tabelle, Herausfinden, wie sich ein Funktionsgraph wie $y = ax^2$ in Abhängigkeit von a verändert. (0 – keine Nutzung des Computers im Mathematikunterricht durch Schülerinnen und Schüler bis 4 – Nutzung des Computers im Mathematikunterricht durch Schülerinnen und Schüler für alle vier betrachteten Aufgaben)
<i>Schülerleistungen in Mathematik (Kompetenztest)</i>	
Gesamtskala Mathematik	Fünf Plausible Values der Gesamtskala Mathematik (latentes Konstrukt)

Zur Beantwortung der forschungsleitenden Fragestellung wurden zahlreiche Indikatoren herangezogen. Tabelle 2 trägt die für den vorliegenden Beitrag relevanten Indikatoren aus PISA 2012 zusammen. Die Bedingungsfaktoren auf Schulebene lassen sich vier Bereichen zuordnen: (1) dem Schulleitungshandeln, (2) den Schulstrategien, (3) den Einstellungen der Lehrpersonen sowie (4) der schulischen IT-Ausstattungssituation zum Umfang der Computerausstattung allgemein – ohne die Geräteart weiter zu spezifizieren – sowie zu möglichen IT-Ausstattungsproblemen, wie beispielsweise einer fehlenden oder unzureichenden Internetanbindung. Alle Informationen über diese Faktoren stammen aus dem Schulfragebogen, wobei sich insbesondere die Angaben zur schulischen Ausstattung nicht direkt auf die Verfügbarkeit digitaler Ressourcen für den Mathematikunterricht beziehen, sondern die allgemeine Ausstattungssituation und darauf bezogen Probleme auf Schulebene erfassen (vgl. OECD, 2013a). Zusätzlich wird zur Operationalisierung der Nutzung von Computern im Mathematikunterricht eigens für die Analysen in diesem Beitrag ein Index gebildet, in den die Informationen der Schülerinnen und Schüler eingehen, ob und in welcher Weise für verschiedene Aufgaben im Mathematikunterricht der Computer von ihnen verwendet wurde (z.B. zum Zeichnen von Funktionsgraphen, vgl. Tab. 2). Eine hohe Ausprägung des Index impliziert in diesem Ansatz, dass der Computer von Schülerinnen und Schülern für mehrere verschiedene Aufgaben verwendet wird. Die Mathematikleistung, die für die Beantwortung der zweiten Teilfragestellung relevant ist, wurde als latenter Faktor bestehend aus den fünf *plausible values* modelliert und in das Analysemodell aufgenommen.

Abbildung 2 zeigt nun das inhaltlich ausdifferenzierte Analysemodell des vorliegenden Beitrags. Dem explorativen Charakter der Untersuchung im Rahmen dieses Beitrags entsprechend, werden im Folgenden Merkmale des Inputs sowie der Prozessebene der Schule gleichwertig betrachtet, um mögliche Effekte auf die Computernutzung im Mathematikunterricht zu prüfen und später auch im Zusammenhang mit Schülerleistungen zu untersuchen.

Abbildung 2: Ausdifferenziertes Analysemodell



3.2 Computernutzung im Mathematikunterricht

Bevor im nächsten Abschnitt Effekte schulischer Bedingungsfaktoren auf die schulische Computernutzung und zudem auch Zusammenhänge mit der Mathematikleistung von Schülerinnen und Schülern untersucht werden, soll zunächst auf der Grundlage des PISA-2012-Datensatzes geklärt werden, wie sich die Computernutzung durch die Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht darstellt. Diese Analysen wurden mit dem *IDB-Analyzer* durchgeführt (Rutkowski, Gonzalez, Joncas & Davier, 2010). Tabelle 3 zeigt die Häufigkeitsverteilung auf dem gebildeten Index, in den wie oben dargestellt (siehe Tab. 2) die Nutzung des Computers durch die Schülerinnen und Schüler bei vier Aufgaben im Mathematikunterricht eingeht. Die höchste Ausprägung (4) bedeutet, dass der Computer für alle vier Aufgaben verwendet wird.

Tabelle 3: Index zur Computernutzung durch Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht

Land	Nutzung von Computern im Mathematikunterricht durch die Schülerinnen und Schüler									
	Index – 0		Index – 1		Index – 2		Index – 3		Index – 4	
	%	(SE)	%	(SE)	%	(SE)	%	(SE)	%	(SE)
Australien	64.18	(0.83)	15.10	(0.40)	8.88	(0.37)	6.61	(0.31)	5.23	(0.27)
Deutschland	74.80	(1.03)	11.59	(0.72)	6.89	(0.48)	3.68	(0.42)	3.04	(0.31)
Niederlande	82.33	(1.26)	8.81	(0.82)	4.02	(0.50)	2.87	(0.31)	1.97	(0.29)
Norwegen	29.02	(1.40)	36.07	(1.46)	13.99	(0.79)	11.49	(0.86)	9.44	(0.69)
Singapur	69.60	(0.51)	9.19	(0.32)	7.52	(0.24)	7.56	(0.30)	6.14	(0.33)

Es zeigt sich, dass die Computernutzung für mehrere verschiedene Aufgaben im Mathematikunterricht durch Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich eher gering ausfällt. Es wird deutlich, dass eine starke Computernutzung im Mathematikunterricht für verschiedene Zwecke (Kategorie 4) bei nur zwei Prozent der Schülerinnen und Schüler in den Niederlanden bzw. zehn Prozent der Schülerinnen und Schüler in Norwegen, für das der höchste Wert ermittelt wird, zu finden ist. In Australien, Deutschland, den Niederlanden und Singapur ist sogar die Kategorie 0, die keine unterrichtliche Computernutzung durch die Schülerinnen und Schüler bezüglich der vier Aufgabenkontexte abbildet, am stärksten ausgeprägt. Im Folgenden gilt es nun zu klären, welche Bedingungsfaktoren auf Schulebene zur Erklärung der Computernutzung im Mathematikunterricht beitragen.

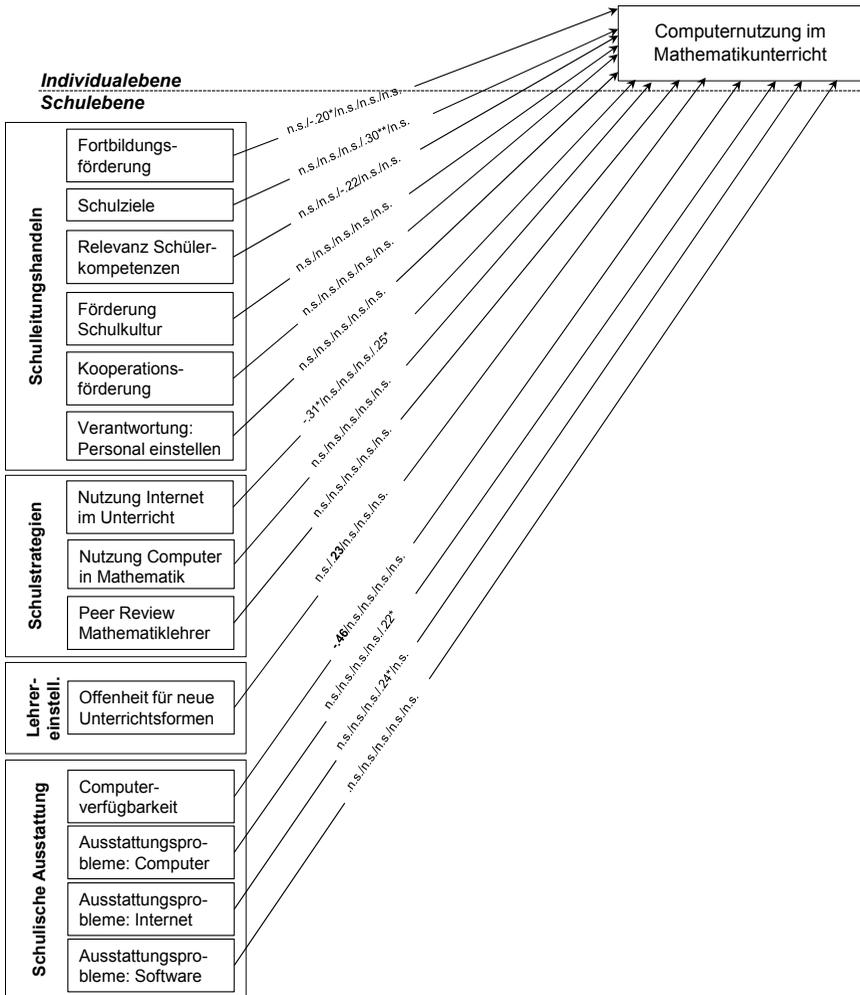
3.3 Effekte schulischer Bedingungsfaktoren auf die Computernutzung im Mathematikunterricht

Die erste Teilfragestellung dieses Beitrags zielt auf die Relevanz von Bedingungsfaktoren auf Schulebene für die Nutzung des Computers durch Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht in den fünf vergleichend betrachteten Bildungssystemen ab. Abbildung 3 zeigt das spezifizierte Modell zur Erklärung der Computernutzung im Mathematikunterricht durch Bedingungsfaktoren auf Schulebene. Die Modellgütekriterien sind zufriedenstellend (CFI = 1.00, TLI = 1.00, RMSEA = 0.00, SRMRw = 0.00, SRMRb = 0.00). Es erweisen sich nur wenige der ausgewählten Bedingungsfaktoren auf Schulebene als relevant für die Erklärung der schulischen Computernutzung für bestimmte Aufgaben im Mathematikunterricht. Besonders in Bezug auf das Schulleitungshandeln sowie die Schulstrategien finden sich kaum signifikante Effekte. Zudem wird deutlich, dass sich in jedem betrachte-

ten Bildungssystem eine andere Konstellation schulischer Bedingungsfaktoren als bedeutsam herausstellt und sich somit spezifische Bedingungsgefüge identifizieren lassen. So zeigt sich für *Deutschland*, dass das Schulleitungshandeln für die Computernutzung im Unterricht eine völlig untergeordnete bzw. keine Rolle spielt. In Bezug auf die Schulstrategien kann sogar ein signifikant negativer Effekt der Strategie zur Nutzung des Internets im Unterricht auf die Computernutzung im Mathematikunterricht auf Schulebene festgestellt werden (-.31). Darüber hinaus manifestiert sich auch ein negativer Effekt der Computerverfügbarkeit, d.h. des Ausstattungsverhältnisses Computer-Schüler auf die schulische Computernutzung im Mathematikunterricht (-.46). Das heißt, dass in Schulen in Deutschland mit einer guten Computerverfügbarkeit, die sich in einem geringen Schüler-Computer-Verhältnis ausdrückt, häufiger Computer im Mathematikunterricht genutzt werden. In *Australien* erweist sich die Fortbildungsförderung der Schulleitung als negativer Faktor für die Computernutzung im Mathematikunterricht (-.20). Die Lehrereinstellungen im Sinne einer Offenheit für neue Unterrichtsformen lassen sich dagegen als hoch signifikanter förderlicher Bedingungsfaktor für die Computernutzung im Mathematikunterricht der Schule (.23) identifizieren. Für die *Niederlande* liegt als zentraler Befund vor, dass die Betonung der Bedeutsamkeit der Förderung von Schülerkompetenzen durch die Schulleitung einen negativen Effekt auf die Computernutzung im Mathematikunterricht aufweist (-.22). In *Norwegen* stellen sich Schulziele, die von der Schulleitung vertreten und kontrolliert werden, als relevant für die Computernutzung heraus (.30). Zudem lässt sich eine mangelnde Internetverbindung als Faktor identifizieren, der sich für den unterrichtlichen Computereinsatz in der Schule als hinderlich erweist (.24). Für *Singapur* erweisen sich Schulstrategien bezüglich der Nutzung des Internets im Unterricht als positiver schulischer Bedingungsfaktor (.25). Die Ergebnisse des Pfadmodells decken zudem auf, dass fehlende oder nicht adäquate Computerausstattung einen positiven Effekt auf den Computereinsatz im Unterricht aufweist (.22).

Die Befunde zeigen in der Zusammenschau, dass das spezifiziertere Analysemodell unter Berücksichtigung zahlreicher schulischer Bedingungsfaktoren in einigen der betrachteten Bildungssysteme einen bedeutsamen Teil der Varianz in der Computernutzung von Schülerinnen und Schülern im Mathematikunterricht der Schule aufklärt. Dies ist besonders für Deutschland mit 38 Prozent Varianzaufklärung auf Schulebene der Fall. Aber auch für die Niederlande sowie für Norwegen können durch die ausgewählten schulischen Bedingungsfaktoren 21 bzw. 18 Prozent der Varianz aufgeklärt werden. In Australien liegt die Varianzaufklärung der Computernutzung auf Schulebene bei 11 Prozent. In Singapur trägt das spezifiziertere Modell nicht zur Erklärung der schulischen Nutzung von Computern im Mathematikunterricht durch die Schülerinnen und Schüler bei.

Abbildung 3: Mehrebenenpfadmodell zur Erklärung der Computernutzung im Mathematikunterricht durch Bedingungsfaktoren auf Schulebene



Legende: Fett: $p \leq .001$, ** $p \leq .01$, * $p \leq .05$; Reihenfolge der standardisierten Koeffizienten auf den Pfaden: Deutschland/Australien/Niederlande/Norwegen/Singapur.

Auch wenn für viele Bedingungsfaktoren auf Schulebene Zusammenhänge gefunden wurden, sei an dieser Stelle bereits angemerkt, dass die vielen identifizierten negativen bzw. positiven Zusammenhänge mit negativen Faktoren die Relevanz der aus der Theorie abgeleiteten Bedingungsfaktoren teilweise in ein neues Licht stellen.

3.4 Schulische Bedingungsfaktoren für die Computernutzung im

Mathematikunterricht und Zusammenhänge mit der Mathematikleistung

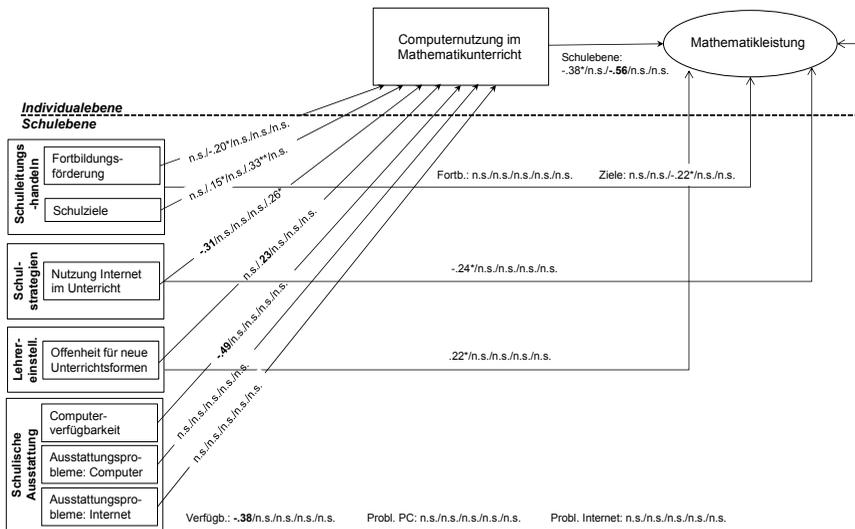
Zur Beantwortung der zweiten Teilfragestellung wird ebenfalls ein Mehrebenenpfadmodell spezifiziert, in das ergänzend die Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler als abhängige Variable aufgenommen wird. So werden die Effekte schulischer Bedingungsfaktoren sowohl auf die Nutzung als auch auf die Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler modelliert sowie Doppelung der Effekt unterrichtlicher Computernutzung auf die Mathematikleistung betrachtet. In dieses Modell werden lediglich solche Prädiktoren aufgenommen, die sich im Rahmen der Analysen zur Beantwortung der ersten Teilfragestellung für mindestens eines der betrachteten Bildungssysteme als statistisch relevant herausgestellt haben.

Die Gütekriterien des Modells sind wiederum zufriedenstellend ($CFI = 1.00$, $TLI = 1.00$, $RMSEA = 0.01$, $SRMR_w = 0.01$, $SRMR_b = 0.01$). Die Betrachtung der Effekte der schulischen Bedingungsfaktoren auf die schulische Nutzung, wie sie in Abbildung 4 dargestellt sind, zeigen erwartungsgemäß ähnliche Befunde wie im Modell zur Beantwortung der ersten Teilfragestellung. In Bezug auf die Relevanz schulischer Bedingungsfaktoren, vor allem computerbezogener Rahmenbedingungen, auf die mittlere schulische Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler, wird deutlich, dass Schulstrategien zur Nutzung des Internets im Unterricht nur in Deutschland einen negativen Effekt auf die mittlere schulische Mathematikleistung aufweisen (-.24). Hinsichtlich der Ausstattungssituation lässt sich ebenfalls nur für Deutschland ein statistisch bedeutsamer Effekt identifizieren, und zwar bezüglich der Computerverfügbarkeit (-.49).

Die Betrachtung der Bedeutsamkeit der schulischen Computernutzung im Mathematikunterricht für die mittlere Mathematikleistung der Schule verdeutlicht, dass nicht in allen betrachteten Bildungssystemen ein statistisch signifikanter Effekt vorliegt und somit auch für diese Teilfragestellung eine Variabilität zwischen den Bildungssystemen feststellbar ist. Nur in Deutschland (-.38) und den Niederlanden (-.56) zeigt sich ein negativer Effekt der Computernutzung durch die Schülerinnen und Schüler für verschiedene Aufgaben im Mathematikunterricht. In Australien, Norwegen und Singapur liegen keine statistisch signifikanten Effekte der Computernutzung im Mathematikunterricht auf die Mathematikleistung vor.

Das spezifizierte Modell klärt vor allem in den Niederlanden einen beachtlichen Teil der Varianz der Mathematikleistung auf Schulebene auf, nämlich 38 Prozent. In Deutschland sind es 23 Prozent. Das Modell weist dagegen in Australien, Norwegen und Singapur keine Erklärungskraft für die mittlere Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler auf Schulebene auf.

Abbildung 4: Mehrebenenpfadmodell zu Effekten schulischer Bedingungsfaktoren auf die Computernutzung im Mathematikunterricht und Zusammenhänge mit der Mathematikleistung von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich



Legende: Fett: $p \leq .001$, ** $p \leq .01$, * $p \leq .05$; Reihenfolge der standardisierten Koeffizienten auf den Pfaden: Deutschland/Australien/Niederlande/Norwegen/Singapur; auf Individualebene wurde die Mathematikleistung um die Schülermerkmale Geschlecht, soziale Herkunft und Migrationshintergrund kontrolliert sowie der Pfad von Nutzung auf Leistung spezifiziert. Aufgrund des inhaltlichen Fokus des Beitrags werden die Koeffizienten allerdings nicht im Modell berichtet.

4. Zusammenschau und Diskussion

Ziel des vorliegenden Beitrags war es, für Deutschland und vergleichend für vier weitere Bildungssysteme, die in Bezug auf neue Technologien in Schule und Unterricht eine Vorreiterrolle einnehmen, zu untersuchen, welche Bedingungsfaktoren auf Schulebene sich für die Computernutzung von Schülerinnen und Schülern im Mathematikunterricht identifizieren lassen und welche Zusammenhänge sich mit der Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler zeigen. Zur theoretischen

Rahmung wurde das *Neue Modell zur Verbindung von Schulentwicklung und Schuleffektivität mit digitalen Medien* von Eickelmann (2012) herangezogen, in dem die im vorliegenden Beitrag betrachteten vier Bedingungsbereiche verortet werden können: (1) Schulleitungshandeln, (2) Schulstrategien, (3) Einstellungen der Lehrpersonen sowie (4) die technische Infrastruktur/IT-Ausstattung. Die Sichtung des Forschungsstands verdeutlichte, dass zwar bereits Befunde zu einzelnen schulischen Bedingungsfaktoren für die schulische Nutzung digitaler Medien im Fachunterricht sowie zu Zusammenhängen mit bereichsspezifischen Schülerleistungen vorliegen, es allerdings an einer systematischen und simultanen Betrachtung schulischer Bedingungsfaktoren für die Computernutzung in der Schule im internationalen Vergleich sowie einer Verknüpfung mit im Rahmen von Kompetenztests erhobenen Leistungswerten für Schülerinnen und Schüler fehlt. An dieser Forschungslücke setzt dieser Beitrag an, indem er auf Daten der PISA-2012-Erhebung zurückgreift und auf die Nutzung digitaler Medien im Mathematikunterricht sowie Schülerleistungen im Fach Mathematik im internationalen Vergleich fokussiert.

Hinsichtlich der Computernutzung durch die Schülerinnen und Schüler für verschiedene fachspezifische Aufgaben im Mathematikunterricht wurde deutlich, dass sich große Unterschiede zwischen den betrachteten Bildungssystemen ausmachen lassen. In Norwegen zeigt sich die stärkste Nutzung im Mathematikunterricht mit Bezug auf die vier betrachteten, für den Mathematikunterricht zentralen Einsatzbereiche von digitalen Medien. Dahingegen verwendeten beispielsweise in den Niederlanden mehr als 80 Prozent der Schülerinnen und Schüler den Computer nie für diese bestimmten Aufgaben im Mathematikunterricht. Hier wird möglicherweise deutlich, wie sich das im Jahr 2006 in Norwegen eingeführte neue Curriculum, das sich neben der Einführung von *ICT-Literacy* als Schlüsselkompetenz sowie der flächendeckenden Ausstattung mit digitalen Medien in der Sekundarstufe auch mit der fachlichen Nutzung digitaler Medien befasst, in der Schulpraxis niederschlägt.

Zur Beantwortung der ersten Teilfragestellung zur Relevanz schulischer Bedingungsfaktoren für die Computernutzung im Mathematikunterricht wird zunächst deutlich, dass dieses Modell vor allem in Deutschland auf Schulebene eine recht hohe Erklärungskraft besitzt. Es zeigt sich für alle fünf Bildungssysteme, dass es unterschiedliche schulische Bedingungsfaktoren sind, die sich als relevant für die Computernutzung im Mathematikunterricht auf Schulebene herausstellen, generell aber nur sehr wenige der ausgewählten Faktoren Effekte aufweisen. Während sich in Deutschland vor allem eine gute Computerverfügbarkeit als förderlich sowie Schulstrategien bezüglich der Internetnutzung im Unterricht als hemmender Bedingungsfaktor herausstellen, lassen sich für Australien vor allem die Einstellungen der Lehrpersonen im Sinne einer Offenheit für neue Unterrichtsformen als förderlicher Faktor identifizieren. Für die Niederlande stellt sich die Betonung der Rele-

vanz der Förderung von Schülerkompetenzen durch die Schulleitung als ein hemmender Bedingungsfaktor für die Computernutzung im Mathematikunterricht heraus und weist möglicherweise darauf hin, dass sich Lehrpersonen entweder des Potenzials digitaler Medien zur Verbesserung fachlicher Kompetenzen auf der Handlungsebene des Unterrichts nicht bewusst sind oder dieser Zusammenhang für sie irrelevant ist. In Norwegen spielt die Betonung von Schulzielen durch die Schulleitung eine förderliche Rolle für den Computereinsatz in der Schule, während sich eine mangelnde Internetverbindung als hemmender Bedingungsfaktor identifizieren lässt. Für Singapur lässt sich festhalten, dass sich das Vorhandensein von Strategien zum Interneteinsatz im Unterricht als förderlicher Bedingungsfaktor für die Computernutzung herausstellt. Die Ergebnisse für Norwegen und Singapur bestätigen die Befunde bereits vorliegender Studien. Für Singapur kann vermutet werden, dass sich hier die langjährige Strategie zur Implementation digitaler Medien in Schulen u.a. durch den *eEducation Masterplan* niederschlägt. Dies steht im Einklang mit der mathematikdidaktischen Diskussion, welche die Relevanz der Verankerung digitaler Medien in Curricula und Bildungsplänen als förderlichen Bedingungsfaktor auf Schulsystemebene sowie die Vorbereitung und Weiterbildung von Mathematiklehrkräften besonders unterstreicht (vgl. u.a. Barzel, 2011).

Der Befund für Deutschland, dass sich eine gute Ausstattungssituation als förderlicher Bedingungsfaktor für die unterrichtliche Nutzung im Fach Mathematik auf Schulebene herausstellt, unterstreicht die Relevanz, Bedingungsfaktoren auf Schulebene in den Blick zu nehmen. Zukünftig sollte vertiefend auch die Qualität und unterrichtliche Nutzbarkeit von neuen Technologien untersucht werden, um Fragen nach einer für den Unterricht adäquaten IT-Ausstattung nachzugehen. Denn mit Blick auf den Mathematikunterricht kann ergänzt werden, dass das Vorhandensein einer fachspezifischen Ausstattung mit digitalen Medien wie etwa *Handhelds* mit fachspezifischen Programmen oder grafikfähige Taschenrechner, die Nutzung von Desktop-Computern, insbesondere wenn diese nicht im Klassenraum unmittelbar verfügbar sind, im Unterricht überflüssig macht.

Für die Beantwortung der zweiten Teilfragestellung wurden zusätzlich Effekte auf die Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler betrachtet. Für die Niederlande zeigt sich, dass die Computernutzung im Mathematikunterricht auf Schulebene statistisch hoch signifikant und mit $-.56$ in beachtlichem Maße einen negativen Effekt auf die mittlere Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler einer Schule aufweist. In geringerer Höhe, allerdings in gleicher Richtung, zeigt sich dieser Befund auch für Deutschland. In Australien, Norwegen und Singapur liegen keine statistisch signifikanten, also insbesondere auch keine negativen Effekte der Computernutzung im Mathematikunterricht an der Schule auf die mittlere Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler vor. An dieser Stelle zeigt sich sowohl

auf nationaler Ebene als auch im internationalen Vergleich der größte Handlungsbedarf: Neben der Förderung überfachlicher Kompetenzen wie etwa *ICT-Literacy* oder computer- und informationsbezogenen Kompetenzen, wie sie mit der IEA-Studie ICILS 2013 gemessen werden, sind für den Fachunterricht solche Formen des Lernens mit digitalen Medien zu fördern, die fachliches Lernen unterstützen. Aus fachdidaktischer Perspektive ist zu ergänzen, dass die Häufigkeit des Computereinsatzes nur unzureichend als Indikator für den Kompetenzerwerb herangezogen werden kann, da der Erwerb mathematischer Kompetenz aus fachlicher Sicht davon abhängt, *wie* Computer eingesetzt werden (u.a. Barzel, 2011). Diese Informationen bietet PISA als quantitativ angelegte Studie mit einer begrenzten Anzahl von Items zum Computereinsatz im Mathematikunterricht bisher nicht. Es zeigt sich diesbezüglich sowohl national als auch international ein Bedarf an weiterführenden, auch qualitativ oder methodisch-triangulativ angelegten Studien, die über eine Erfassung quantitativer Merkmale der Computernutzung im Mathematikunterricht hinausgehen. Auch muss an dieser Stelle betont werden, dass die Befunde des vorliegenden Beitrags auf Daten basieren, die im Rahmen eines Querschnittsdesigns erhoben wurden. Folglich sollten die in diesem Beitrag auf theoretischen Vorüberlegungen basierenden Annahmen über Wirkungsrichtungen, die mittel hypothesentestendem Verfahren der Strukturgleichungsanalyse geprüft wurden, zukünftig im Rahmen von Längsschnittuntersuchungen oder experimentellen Designs untersucht werden, um Wirkungsrichtungen genauer und Kausalitäten an tatsächlich beobachteten Veränderungen zufallskritisch zu klären. Die Frage, ob Computer im Mathematikunterricht eingesetzt werden sollen, wird national und international in der Mathematikdidaktik weitgehend affirmativ beantwortet, wohingegen jedoch noch wenig empirisch überprüft ist, wie ein gelingender Einsatz aussieht (vgl. Haug & Leuders, 2009). Anzudenken wäre auch, dem Wandel zur Wissens- und Informationsgesellschaft durch ein differenziertes fachbezogenes Instrumentarium in international vergleichenden Studien, wie z.B. PISA, zukünftig stärker Rechnung zu tragen.

Weiterhin sind bei der Interpretation der Befunde bildungssystemspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen, die auch die bildungsbezogenen kulturellen Unterschiede zwischen Ländern z.B. hinsichtlich Unterrichtsstilen und Lehrerbildung kennzeichnen (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2010; Tatto et al., 2012). Exemplarisch sei etwa die vergleichsweise schlechte fachdidaktische Lehrerbildung in Norwegen (vgl. ebd.) oder die lange Jahre überdauernden Tendenzen zum kalkülhaften Arbeiten im Mathematikunterricht in Singapur genannt.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass es möglich ist, die Bedeutsamkeit von Bedingungsfaktoren auf Schulebene vor dem Hintergrund eines theoretischen Modells (Eickelmann, 2012) international vergleichend zu prüfen. Dabei

muss einschränkend angemerkt werden, dass für eine erste empirische Annäherung, wie sie im Rahmen dieses Beitrags geleistet wurde, die Bedingungsbereiche der technischen Infrastruktur und der Lehrereinstellungen (Input) sowie Schulmanagement/Schulleitungshandeln und Schulstrategien (Prozessebene der Schule) gleichwertig in das Erklärungsmodell aufgenommen und nicht noch zusätzlich Effekte vom Input auf die Prozessebene der Schule modelliert wurden. Denn das Forschungsinteresse des vorliegenden Beitrags lag in der Untersuchung der Relevanz schulischer Bedingungsfaktoren auf die Computernutzung auf der Prozessebene des Unterrichts sowie der Ermittlung von Effekten auf die Schülerleistungen als Output, sodass auf eine Trennung der Bedingungsfaktoren in Input- und Prozessfaktoren der Schule verzichtet wurde. Für zukünftige Untersuchungen in diesem Bereich sollte auch ein mehrschrittiges Vorgehen geprüft werden, wobei dann allerdings die Operationalisierung der zu betrachtenden Merkmale verfeinert und weitere relevante Variablen, auf Schülerebene und insbesondere auf Lehrerebene – etwa zu Einstellungen der Lernenden zum Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht oder individuelle Merkmale der Lehrpersonen und ihr technologisch-pädagogisches fachdidaktisches Wissen (Koehler & Mishra, 2008; Gerick, Eickelmann & Vennemann, 2014) – ergänzt werden sollten. Der in diesem Beitrag erfolgreich verfolgte Ansatz, Input- und schulische Prozessmerkmale auf die Computernutzung im Mathematikunterricht gleichwertig zu prüfen, lässt die Überlegung zu, dass gegebenenfalls das Modell stärker als die ‚schulische Wirklichkeit‘ zwischen den verschiedenen Ebenen trennt.

Bei der Interpretation der Befunde im Rahmen dieses Beitrags muss berücksichtigt werden, dass die Einschätzung der Computernutzung im Mathematikunterricht durch die Schülerinnen und Schüler nicht spezifisch auf die eigene Computernutzung abzielt, denn es wurde erfragt, ob generell für bestimmte Aufgaben der Computer von Schülerinnen und Schülern verwendet wird. Das bedeutet, dass die befragten Schülerinnen und Schüler nicht unbedingt selbst Computer im Mathematikunterricht verwendet haben. Aus diesem Grund werden auch die auf Individualenebene spezifizierten Pfade von Schülermerkmalen auf die Nutzung nicht vertiefend betrachtet. Diese könnten höchstens darüber Auskunft geben, welche schülerbezogenen Prädiktoren die Einschätzung, dass Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht den Computer verwenden, nicht aber die individuelle Computernutzung vorhersagen.

Weitere Grenzen der Untersuchung liegen vor allem in der Operationalisierung der betrachteten Konstrukte. Dies liegt in der Datengrundlage begründet, denn es handelt sich um Sekundäranalysen der PISA-2012-Daten, die nicht explizit für das Forschungsinteresse dieses Beitrags erhoben wurden. Zukünftige Untersuchungen in dem Bereich könnten noch differenzierter Bedingungsfaktoren auf Schulebene in

den betrachteten Bereichen erfassen und auch weitere Datenquellen heranziehen. Denn in PISA 2012 liegen entsprechend des Studiendesigns lediglich Angaben der Schulleitung vor, die für die Operationalisierung der schulischen Bedingungsfaktoren im Rahmen dieses Beitrags herangezogen wurden. Eine wichtige Erweiterung der Datenlage in zukünftigen Untersuchungen zu schulischen Bedingungsfaktoren der Nutzung digitaler Medien im Unterricht wäre die Einbeziehung von Lehrdaten, um somit u.a. Einstellungen und Kompetenzen von Lehrpersonen in Bezug auf neue Technologien unmittelbar zu berücksichtigen und nicht auf Einschätzungen der Schulleitung zurückgreifen zu müssen. Sinnvoll wären darüber hinaus auch Befragungen von Personen in der Schule, die fundierte Aussagen über die Quantität und Qualität der technischen Infrastruktur in der Schule geben können, beispielsweise Medienbeauftragte oder für die IT-Koordination verantwortliche Personen. Weiterhin sollte das Spektrum der Möglichkeiten des fachspezifischen Einsatzes digitaler Medien im Mathematikunterricht für zukünftige Untersuchungen weiterentwickelt und aufgrund der technischen und fachdidaktischen Entwicklungen auch aktualisiert werden.

Anknüpfend an die quantitativen Befunde bieten sich auch vergleichende qualitative Fallstudien in den fünf Bildungssystemen an, um vertiefende Einblicke bezüglich der als hemmend und förderlich identifizierten Bedingungsfaktoren zu erhalten und Wissen zu generieren, das im Sinne einer international und interkulturell vergleichenden Perspektive wertvolle Hinweise sowohl für die Erforschung als auch für die Weiterentwicklung der einzelnen Bildungssysteme vor dem Hintergrund des Wandels zur Wissens- und Informationsgesellschaft und den damit verbundenen Herausforderungen für Schule und Unterricht bereitstellen kann.

Anmerkung

1. Die Befunde für Deutschland wurden für die Berichterstattung aufgrund zu geringer Rücklaufquoten nicht berücksichtigt.

Literatur

- Anderson, R. & Ainley, J. (2010). Technology and learning: Access in schools around the world. In B. McGaw, E. Baker & P. Peterson (Eds.), *International encyclopedia of education* (3rd ed.) (pp. 21–33). Amsterdam: Elsevier.
- Anderson, R.E. & Dexter, S.L. (2000). *School technology leadership: Incidence and impact on: Teaching, learning, and computing 1998 survey, report no. 6*. Irvine, CA: Center for Research on Information, Technology, and Organizations at University of California.
- Barzel, B. (2011). New technology? New ways of teaching – No time left for that! *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 14 (2), 77–86.
- Barzel, B., Hußmann, S. & Leuders, T. (Hrsg.). (2005). *Computer, Internet & Co. im Mathematikunterricht*. Berlin: Cornelsen Scriptor.

- Baumert, J., Blum, W. & Neubrand, M. (2004). Drawing lessons from PISA 2000. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 7 (3. Beiheft), 143–157.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.). (2010). *TEDS-M 2008 – Professionelle Kompetenzen und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Breiter, A. (2007). Management digitaler Medien als Teil der Schulentwicklung. Neue Herausforderungen für die Schulleitung. In R. Pfundtner (Hrsg.), *Leiten und Verwalten einer Schule* (S. 349–355). Neuwied: Kluwer.
- Breiter, A., Welling, B. & Stolpmann, E. (2010). *Medienkompetenz in der Schule. Integration von Medien in den weiterführenden Schulen in Nordrhein-Westfalen* (Schriftenreihe Medienforschung der LfM, Bd. 64) Berlin: Vistas.
- Celik, V. & Yesilyurt, E. (2013). Attitudes to technology, perceived computer self-efficacy and computer anxiety as predictors of computer supported education. *Computers & Education*, 60 (1), 148–158.
- Creemers, B.P.M. & Kyriakides, L. (2008). *The dynamics of educational effectiveness. A contribution to policy, practice and theory in contemporary schools*. Abingdon: Routledge.
- Dawson, C. & Rakes, G.C. (2003). The influence of principals' technology training on the integration of technology into schools. *Journal of Research on Technology in Education*, 36 (1), 29–49.
- Dexter, S. (2008). Leadership for IT in schools. In J. Voogt & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 543–554). New York: Springer.
- Dexter, S.L., Anderson, R.E. & Becker, H.J. (1999). Teachers' views of computers as catalysts for changes in their teaching practice. *Journal of Research on Computing in Education*, 31 (3), 221–239.
- Dexter, S., Seashore, K.R. & Anderson, R.E. (2002). Contributions of professional learning community to exemplary use of ICT. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18 (4), 489–497.
- Ditton, H. (2000). Qualitätskontrolle und Qualitätsentwicklung in Schule und Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41. Beiheft, 73–92.
- Drossel, K., Wendt, H., Schmitz, S. & Eickelmann, B. (2012). Merkmale der Lehr- und Lernbedingungen im Primarbereich. In W. Bos, H. Wendt, O. Köller & C. Selzer (Hrsg.), *TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 171–202). Münster: Waxmann.
- Eickelmann, B. (2010). *Digitale Medien in Schule und Unterricht erfolgreich implementieren. Eine empirische Analyse aus Sicht der Schulentwicklungsforschung*. Münster: Waxmann.
- Eickelmann, B. (2012). *Schul- und Unterrichtsentwicklung mit digitalen Medien – Herausforderungen für das deutsche Bildungssystem im 21. Jahrhundert*. Unveröffentlichte Habilitationsschrift, Technische Universität Dortmund.
- Eickelmann, B. (2013). Nachhaltigkeit statt Eintagsfliege. Erfolgreiche Implementation digitaler Medien in Schulen. *Schulmanagement*, 1, 15–19.
- Eickelmann, B. & Schulz-Zander, R. (2006). Schulentwicklung mit digitalen Medien – nationale Entwicklungen. In W. Bos, H.G. Holtappels, H. Pfeiffer, H.-G. Rolff & R. Schulz-Zander (Hrsg.), *Jahrbuch der Schulentwicklung, Bd. 14. Daten – Beispiele – Perspektiven* (S. 277–309). Weinheim: Juventa.
- Eickelmann, B. & Schulz-Zander, R. (2008). Schuleffektivität, Schulentwicklung und digitale Medien. In W. Bos, H.G. Holtappels, H. Pfeiffer, H.-G. Rolff & R. Schulz-Zander (Hrsg.),

- Jahrbuch der Schulentwicklung, Bd. 15. Daten – Beispiele – Perspektiven* (S. 157–194). Weinheim: Juventa.
- Eickelmann, B. & Schulz-Zander, R. (2010). Qualitätsentwicklung im Unterricht – zur Rolle digitaler Medien. In N. Berkemeyer, W. Bos, H.G. Holtappels, N. McElvany & R. Schulz-Zander (Hrsg.), *Jahrbuch der Schulentwicklung. Bd. 16. Daten – Beispiele – Perspektiven* (S. 235–259). Weinheim: Juventa.
- Eickelmann, B., Schulz-Zander, R. & Gerick, J. (2009). Erfolgreich Computer und Internet in Grundschulen integrieren – eine empirische Analyse aus Sicht der Schulentwicklungsforschung. In C. Röhner, M. Hopf & C. Henrichwark (Hrsg.), *Europäisierung der Bildung – Konsequenzen und Herausforderungen für die Grundschulpädagogik*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ertmer, P.A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration? *Educational Technology Research and Development*, 53 (4), 25–39.
- Europäische Kommission (2013). Survey of schools: ICT in Education. Benchmarking access, use and attitudes to technology in Europe's schools. Final report. Verfügbar unter: <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/survey-schools-ict-education> [09.09.2014].
- Galanouli, D., Murphy, C. & Gardner, J. (2004). Teachers' perceptions of the effectiveness of ICT-competence training. *Computers & Education*, 43 (1), 63–79.
- Gerick, J., Drossel, K. & Eickelmann, B. (2014). Zur Rolle der Schulleitung bei der Integration digitaler Medien in Grundschulen. In B. Eickelmann, R. Lorenz, M. Vennemann, J. Gerick & W. Bos (Hrsg.), *Grundschule in der digitalen Gesellschaft. Befunde aus den Schulleistungsstudien IGLU und TIMSS 2011* (S. 35–48). Münster: Waxmann.
- Gerick, J., Eickelmann, B. & Vennemann, M. (2014). Zum Wirkungsbereich digitaler Medien in Schule und Unterricht. In H.G. Holtappels, M. Pfeifer, A.S. Willems, W. Bos & N. McElvany (Hrsg.), *Jahrbuch der Schulentwicklung, Bd. 18. Daten – Beispiele – Perspektiven*. Weinheim: Juventa.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge.
- Haug, R. & Leuders, T. (2009). Erwerb von Problemlösetechniken bei Lernen mit Modellierungssoftware. In R. Plötzner, T. Leuders & A. Wichert (Hrsg.), *Lernchance Computer. Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbänden* (S. 201–222). Münster: Waxmann.
- Helmke, A. (2004). *Unterrichtsqualität: Erfassen, Bewerten, Verbessern* (3. Aufl.). Seelze: Kallmeyer.
- Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2006). Determinanten der Schulleistung. In D.H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 83–94). Weinheim: Beltz PVU.
- Herzig, B. & Grafe, S. (2006). *Digitale Medien in der Schule. Standortbestimmung und Handlungsempfehlungen für die Zukunft. Studie zur Nutzung digitaler Medien in allgemein bildenden Schulen in Deutschland*. Bonn: Deutsche Telekom-Stiftung.
- Hughes, M. & Zachariah, S. (2001). An investigation into the relationship between effective administrative leadership styles and the use of technology. *International Electronic Journal for Leadership in Learning*, 5 (5), 1–11.
- Hunneshagen, H. (2005). *Innovationen in Schulen. Identifizierung implementationsfördernder und -hemmender Bedingungen des Einsatzes neuer Medien*. Münster: Waxmann.
- Koehler, M.J. & Mishra, P. (2008). Introducing TPCK. In AACTE Committee on Innovation and Technology (Ed.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 3–29). New York: Routledge.

- Law, N. & Chow, A. (2008). Teacher characteristics, contextual factors, and how these affect the pedagogical use of ICT. In N. Law, W.J. Pelgrum & T. Plomp (Eds.), *Pedagogy and ICT use in schools around the world. Findings from the IEA-SITES 2006* (pp. 182–221). Hong Kong: CERC-Springer.
- Lawson, T. & Comber, C. (1999). Superhighways technology: Personnel factors leading to successful integration of information and communications technology in schools and colleges. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 8 (1), 41–53.
- Looi, C.K., Lim, W.Y. & Chen, W. (2008). Communities of practice for continuing professional development in the 21st Century. In J. Voogt & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in education* (pp. 489–506). New York: Springer.
- Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U. & Köller, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung. Probleme und Lösungen. *Psychologische Rundschau*, 58 (2), 103–117.
- Müller, C., Blömeke, S. & Eichler, D. (2006). Unterricht mit digitalen Medien – zwischen Innovation und Tradition? Eine empirische Studie zum Lehrerhandeln im Medienzusammenhang. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 632–650.
- OECD. (2010). *PISA 2009 results: What makes schools successful? Resources, policies and practices (Volume IV)*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2011). *PISA 2009 results: Students on line: Digital technologies and performance*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2013a). *PISA 2012 results: What makes schools successful? Resources, policies and practices (Volume IV)*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2013b). *PISA 2012 results: What students know and can do. Student performance in mathematics, reading and science (Volume I)*. Paris: OECD Publishing.
- Ottestad, G. (2013). School leadership for ICT and teachers' use of digital tools. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 8, 107–125.
- Owston, R.D. (2003). School context, sustainability, and transferability. In R.B. Kozma (Ed.), *Technology, innovation, and educational change. A global perspective* (pp. 125–162). Washington, D.C.: ISTE.
- Pacher, S. & Kern, A. (2005). Medienpläne entwickeln. Von der Medienarbeit der einzelnen Lehrkraft zum Medienentwicklungsplan für eine Schule. *Computer + Unterricht*, 58 (15), 6–10.
- Pelgrum, W.J. (2008). School practices and conditions for pedagogy and ICT. In N. Law, W.J. Pelgrum & T. Plomp (Eds.), *Pedagogy and ICT use in schools around the world. Findings from the IEA-SITES 2006* (pp. 67–121). Hong Kong: CERC-Springer.
- Pelgrum, W.J. & Doornekamp, B.D. (2009). *Indicators on ICT in primary and secondary education*. Belgium: European Commission.
- Petko, D. (2012). Hemmende und förderliche Faktoren des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht: Empirische Befunde und forschungsmethodische Probleme. In R. Schulz-Zander, B. Eickelmann, H. Moser, H. Niesyto & P. Grell (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik, Bd. 9* (S. 29–50). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rutkowski, L., Gonzalez, E., Joncas, M. & Davier, M. von (2010). International large-scale assessment data: Issues in secondary analysis and reporting. *Educational Researcher*, 39 (2), 142–151.

- Sälzer, C. & Prenzel, M. (2013). PISA 2012 – eine Einführung in die aktuelle Studie. In M. Prenzel, C. Sälzer, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.). *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland* (S. 11–45). Münster: Waxmann.
- Schaumburg, H. (2003). *Konstruktivistischer Unterricht mit Laptops? Eine Fallstudie zum Einfluss mobiler Computer auf die Methodik des Unterrichts*. Dissertation, Freie Universität Berlin.
- Scheerens, J. (2000). *Improving school effectiveness*. Paris: UNESCO, International Institute for Educational Planning.
- Scholl, W. & Prasse, D. (2001). Was hemmt und was fördert die schulische Internet-Nutzung? Ergebnisse einer Evaluation der Initiative ‚Schulen ans Netz‘. *Computer + Unterricht*, 41 (11), 22–32.
- Schulz-Zander, R. (2001). Neue Medien als Bestandteil von Schulentwicklung. In S. Aufenanger, R. Schulz-Zander & D. Spanhel (Hrsg.), *Jahrbuch der Medienpädagogik* (S. 263–281). Oppladen: Leske + Budrich.
- Schulz-Zander, R. (2005). Veränderung der Lernkultur mit digitalen Medien. In H. Kleber (Hrsg.), *Perspektiven der Medienpädagogik in Wissenschaft und Bildungspraxis* (S. 125–140). München: Kopaed.
- Schulz-Zander, R., Dalmer, R., Petzel, T., Büchter, A., Beer, D. & Stadermann, M. (2003). *Innovative Praktiken mit Neuen Medien in Schulunterricht und -organisation. Nationale Ergebnisse der internationalen IEA-Studie SITES Modul 2*. Dortmund: Institut für Schulentwicklungsforschung.
- Schulz-Zander, R., Hunneshagen, H., Weinreich, F., Brockmann, B. & Dalmer, R. (2000). *Abschlussbericht der wissenschaftlichen Evaluation des Projektes ‚Schulen ans Netz‘*. Dortmund: Institut für Schulentwicklungsforschung.
- Schulz-Zander, R. & Riegas-Staackmann, A. (2004). Neue Medien im Unterricht. Eine Zwischenbilanz. In H.G. Holtappels, K. Klemm, H. Pfeiffer, H.-G. Rolff & R. Schulz-Zander (Hrsg.), *Jahrbuch der Schulentwicklung. Bd. 13. Daten – Beispiele – Perspektiven* (S. 291–330). Weinheim: Juventa.
- Senkbeil, M. & Wittwer, J. (2006). Beeinflusst der Computer die Entwicklung mathematischer Kompetenzen? In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003. Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres* (S. 139–160). Münster: Waxmann.
- Tatto, M.T., Schwille, J., Senk, S.L., Ingvarson, L., Rowley, G., Peck, R., Bankov, K., Rodriguez, M. & Reckase, M. (2012). *Policy, practice, and readiness to teach primary and secondary mathematics in 17 countries: Findings from the IEA Teacher Education and Development Study in Mathematics (TEDS-M)*. Amsterdam: IEA.
- Tondeur, J., van Keer, H., van Braak, J. & Valcke, M. (2008). ICT integration in the classroom: Challenging the potential of a school policy. *Computers & Education*, 51 (1), 212–223.
- Wang, M.C., Haertel, G.D. & Walberg, H.J. (1993). Toward a knowledge base for school learning. *Review of Education Research*, 63 (3), 249–294.
- Wiggenhorn, G. & Vorndran, O. (2003). *Computer in die Schule. Eine internationale Studie zu regionalen Implementationsstrategien*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Williams, D., Coles, L., Richardson, A., Wilson, K. & Tuson, J. (2000). Integrating information and communications technology in professional practice: An analysis of teachers' needs based on a survey of primary and secondary teacher in Scottish schools. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 9 (2), 167–182.