

Kalthoff, Herbert; Cress, Torsten

Digitale Objekte. Pilotschulen und die Erprobung neuer Lernmedien

Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung 9 (2020), S. 23-37



Quellenangabe/ Reference:

Kalthoff, Herbert; Cress, Torsten: Digitale Objekte. Pilotschulen und die Erprobung neuer Lernmedien - In: Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung 9 (2020), S. 23-37 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-245564 - DOI: 10.25656/01:24556

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-245564>

<https://doi.org/10.25656/01:24556>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<https://www.budrich.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen, solange sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen und die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrags identisch, vergleichbar oder kompatibel sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-Licence:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work or its contents in public and alter, transform, or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. New resulting works or contents must be distributed pursuant to this license or an identical or comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Digitale Objekte. Pilotschulen und die Erprobung neuer Lernmedien

Zusammenfassung

Der schulische Unterricht ist immer auch ein Experimentierfeld für neue Unterrichtsformen und neue Lernmedien (digitale Objekte), die in der Bildungswirtschaft entwickelt und in kooperierenden Pilotschulen erprobend eingesetzt werden. In Schulen bildet sich somit eine Koexistenz von analogen und digitalen Lernmaterialien aus, die ihre je spezifische Wirkung im Unterricht entfalten. Der Beitrag analysiert die ad-hoc-Erprobung neuer digitaler Lernmedien im Unterricht einer solchen Pilotschule. Der Beitrag zeigt die Faszination der neuen Technologie, die eine Immersion ihrer Nutzer in digital simulierte Gegenstandswelten vornimmt und damit eine Vision von Lernen vermittelt, die den menschlichen Sehsinn privilegiert. Der Beitrag beschreibt und analysiert diese Faszination von technisch erzeugten Bilderwelten auf Seiten der Schüler*innen sowie die Arbeit der Lehrkraft an der Einpassung der neuen Technologie in einen schulisch sinnvollen Rahmen.

Schlagwörter: Materialität, Digitalisierung, Lernmedien, Erprobung

Digital Objects. Pilot Schools and the Trial of New Learning Media

Education in schools is always a field of experimentation regarding new forms of teaching and new learning media (digital objects), which are developed in the education economy and tested by employing them in cooperating pilot schools. Thus, a coexistence of analogue and digital learning media emerges within schools, unfolding their specific effects in the lessons. The article analyzes the ad hoc trial of new digital learning media in such a pilot school. It shows the fascination of this new technology that creates an immersion of its users into digitally simulated object worlds and thus conveys an idea of learning that privileges the human sense of vision. The contribution delineates and analyzes this fascination of technically produced visual worlds on the part of the students as well as the teachers' work on adjusting the new technology within a scholastically reasonable frame.

Keywords: Materiality, Digitalization, Learning Media, Trial

1 Einleitung

Digitalisierung. Es ist dieses eine Wort, das den öffentlichen Diskurs elektrisiert und eine Gewissheit markiert, dass moderne Gesellschaften durch elektronische Technologien *digitale Gesellschaften* werden und damit einem grundlegenden Wandel auf geradezu allen Ebenen des sozialen, technischen und ökonomischen Lebens unterzogen sind: Ob in der Energieerzeugung oder Fabrikproduktion, Logistik oder Verwaltung, Medizin oder Bildung – überall vollzieht sich ein sozio-technologischer Wandel, der veränderte Formen der Steuerung und Kontrolle, der beruflichen Arbeit und sozialen Interaktion bedingt. Diese sozio-technischen Entwicklungen sind aber auch mit verschiedenen Erwartungen, Befürchtungen und Imaginationen in Bezug auf diese Neuerungen verbunden. Für die einen bedeutet Digitalisierung den Aufbruch in eine neue Welt, eine Zeitenwende, durch welche die ausdifferenzierten sozialen Systeme der Gesellschaft

dynamisiert werden. Für die anderen steht Digitalisierung – bei allen Vorteilen, die sie bietet – für einen Verlust von direkter Anwesenheit, für die Bedrohung menschlicher Autonomie und für eine Permanenz digitaler *Connectivity*.

Die Digitalisierung der Schule lässt sich sowohl auf der Ebene ihrer Organisation als auch im Unterricht beobachten, und zwar vor allem dann, wenn schulisches Unterrichten durch digitale Lernobjekte – also Artefakte wie interaktive Whiteboards, Tablets, Lernsoftware etc. – neu gestaltet, ausgerichtet und vollzogen wird resp. werden soll. Das grundsätzliche Problem, das sich der Forschung mit der Digitalisierung schulischen Unterrichts und Lernens stellt, bezieht sich erstens auf den pädagogischen und didaktischen Sinn, der diesen Objekten im Kontext von Schulunterricht und schulischem Lernen zugeschrieben wird, zweitens auf den Bedeutungswandel von schulischem Unterricht und Lernen, der mit ihrer Digitalisierung verbunden ist, und drittens auf die Frage, wie digitale Objekte in das Unterrichtsgeschehen eingebettet werden und wie das erforderliche Bedienungs- und Einsatzwissen erworben wird.

Wie die Digitalisierung der Gesellschaft ein Prozess mit vielen Variablen und weitgehend ungewissen Folgen ist, so zeigt die Forschung auch im Hinblick auf Bildung bzw. Schule eine Entwicklung an, die in erster Linie durch Offenheit gekennzeichnet und mit der Erwartung mehr oder weniger tiefgreifender Transformationsprozesse verbunden ist: im Kontext von Unterricht und Lernprozessen und damit einhergehenden Veränderungen in den Rollen, Selbstverständnissen und Beziehungen (etwa zwischen Schüler*innen und Lehrkräften) sowie im Rahmen der Schulsteuerung und -entwicklung. Diese Forschungen arbeiten unter anderem heraus, wie ein Nebeneinander physischer und digitaler Elemente neue, verteilte Aktivitäten und Interaktionsformen hervorbringt (Thibaut et al. 2015; Kalthoff/Cress 2019), wie Schüler*innen durch virtuelle Umgebungen im Klassenraum in neue Beziehungen zueinander gebracht werden (Burnett 2016) oder wie Lernsoftwares die dyadische Lehrer-Schüler-Interaktion in eine „three-way interaction“ transformieren (Birmingham et al. 2002). Andere Studien zeigen, wie mobile Informationstechnologien und eine zunehmende Vernetzung hergebrachte Rollen und Hierarchien des Schulunterrichts und die epistemische Autorität der Lehrkraft, aber auch den autorisierten Wissenskanon der Schule infrage stellen (etwa Selwyn 2003), Grenzen zwischen formalem und informalem Lernen transzendieren (Greenhow & Lewin 2016) und neue Identitäten von Lehrkräften und Schüler*innen hervorbringen (Loveless & Williamson 2013). Neue Zielsetzungen der Medienbildung (etwa Schelhowe 2016) werden ebenso diskutiert wie Veränderungen auf der Ebene der Schulentwicklung: Untersucht werden die Potentiale einer *digital educational governance*, die immer größere Datenmengen für die Steuerung von Schule nutzbar macht und produziert (Williamson 2017).

Diese Prozesse sind Gegenstand verschiedener Bewertungen. Positionen, die von einer einfachen Verbesserung des Lernens ausgehen, wie sie etwa unter dem Stichwort ‚Technology-Enhanced Learning‘ verhandelt werden (kritisch Bayne 2015), steht dabei eine Betonung der Offenheit und des epistemischen Charakters vieler digitaler Medien und der sich an und mit ihnen entfaltenden Praktiken entgegen (Allert et al. 2018). An die einzelnen digitalen Medien und Anwendungen, die diese Entwicklung vorantreiben bzw. in sie eingebunden werden (mobile Endgeräte wie Tablets oder Smartphones, Blogs und soziale Netzwerke, Spiele etc.), knüpfen sich ganz verschiedene Hoffnungen,

Wünsche und Bedenken, die ihren Nutzen für das schulische Lernen betonen (etwa Mayer 2009) oder infrage stellen (ernüchternd hierzu Sims 2017). Auf der anderen Seite werden Visionen entwickelt, wie die Organisation Schule nicht auf eine einseitige Anpassung oder Vorbereitung der Schüler*innen auf die Herausforderungen einer sich technologisch wandelnden Gesellschaft, sondern auf deren Gestaltung abzielen soll (Facer 2011). Für den deutschen Kontext und in Bezug auf politische Vorhaben werden das Fehlen übergreifender Konzepte für schulische Bildung in der digitalen Welt (Kommer 2018) und fehlende Klarheit in den Zielsetzungen beklagt, sodass Digitalisierung mitunter als Selbstzweck erscheint (Vollbrecht 2018); es wird ferner festgestellt, dass sich Probleme – wie die Konzentration auf Digitalisierung auf Kosten anderer Bereiche, übereilte Investitionen und fehlende didaktische Konzepte, Probleme der Ausstattung und Wartung – länderübergreifend ähneln (Hartung-Griemberg & Schorb 2018). Die Digitalisierung der Schule bzw. der Bildung erscheint damit als ein insgesamt unübersichtlicher, heterogener, ungleichzeitiger und vor allem offener Prozess, über dessen Verlauf auf verschiedenen organisatorischen Ebenen und durch verschiedene Akteur*innen (aus Schule, Bildungspolitik und Lehr-/Lernmittelindustrie) gerungen wird und dessen Folgen nicht eindeutig bestimmt werden können.

Ganz allgemein betrachtet, verändert die Einführung neuer didaktischer Objekte die Struktur und den Verlauf von Unterricht. Dies liegt daran, dass die Objekte nicht nur unterschiedliche Anforderungen an den Umgang mit ihnen stellen und ein je spezifisches Wissen voraussetzen, sondern sie wirken auch auf verschiedene Weise auf den Unterricht zurück. Es ist diese reziproke Beziehung von einübender Handhabung und Rückwirkung auf den Unterricht, die von (digitalen) didaktischen Objekten ausgeht und mit ihnen umgesetzt wird. Welche restrukturierenden Wirkungen solche Objekte aber entfalten, wie sie funktionieren und sinnvoll in das Unterrichtsgeschehen eingebunden werden können, ergibt sich erst aus ihrer praktischen Erprobung und Verwendung. Neue Objekte müssen also zunächst in die Organisation Schule eingeführt werden, um sie im Hinblick auf ihre Handhabung, ihre Effekte und ihre Brauchbarkeit beurteilen zu können. Viele Untersuchungen beforschen diese neuen Technologien oft erst in einem späteren Stadium ihrer Einführung und Erprobung, in dem sie bereits mit mehr oder weniger klar umrissenen Aufgabenstellungen und Vorstellungen in das Unterrichtsgeschehen eingebunden werden. Indes zeigt sich die Offenheit der fraglichen Prozesse gerade dort, wo noch keine Erfahrungen mit diesen Technologien existieren und sich noch kaum (didaktische) Vorstellungen über ihren Einsatz und die damit verbundenen Möglichkeiten und Grenzen herausgebildet haben. In diesem Aufsatz beschreiben und analysieren wir eine solche Konstellation, in der ein neues, den Schüler*innen unbekanntes Lernmedium die Bühne des Unterrichts betritt. Auf diese Weise lässt sich exemplarisch die Implementierung neuer Medien beobachten, und dies in einer Weise, die den Schwerpunkt auf die Nutzung legt und erörtert, wie ad hoc Praktiken emergieren, die dann zugleich Rückschlüsse darauf erlauben, wie ein zukünftiger Einsatz des Lernmediums aussehen könnte. Wir nehmen damit eine sozio-materielle Perspektive ein, die gleichermaßen die Technologie mit den in sie eingeschriebenen Handlungsprogrammen wie die konkreten Umgangsweisen in den Blick nimmt (Johri 2011; Kalthoff & Röhl 2011). Hiermit vermeiden wir einen Technikdeterminismus, der die Wirkung der Technik mit Technik erklärt und nicht durch ihre sozio-pädagogische Einbettung in

die spezifischen Kontexte der Schulorganisation (Selwyn 2011). Hingegen begreifen wir die Implementierung einer neuen Technologie in diesem Aufsatz als einen temporär offenen Prozess.

Im Folgenden stellen wir in einer kleinen, explorativen Fallstudie eine Schule und einen Unterricht im Experimentierstadium dar, in dem ‚alte‘ und ‚neue‘ Objekte koexistieren und die Rolle der digitalen Objekte erst noch spezifiziert und gefunden werden muss. Der Fall, an dem wir diesen Prozess beobachten, ist eine interaktive *Virtual Reality*-Anwendung, die von einem Unternehmen für die universitäre Ausbildung entwickelt wurde und von einer kooperierenden Projektschule erstmals für die Anwendung im schulischen Unterricht erprobt wird. Das empirische Material stammt aus einer ethnographischen Forschung, die über mehrere Wochen hinweg in zwei Kooperationschulen stattfand. Um die Offenheit und Kontingenz der Prozesse der Einführung und Einübung zu beforschen, nahm der Ethnograph beobachtend am Unterricht teil und zeichnete einzelne Stunden mit der Kamera auf, führte aber auch Leitfaden- und ethnographische Interviews mit Schüler*innen und Lehrkräften durch und sammelte Unterrichtsdokumente (Arbeitsblätter, Handreichungen etc.). Bei der Auswertung der von uns erzeugten Protokolle haben wir uns auf das Kodierverfahren der Grounded Theory gestützt (Strauss 1998); eine Bildanalyse nehmen wir in diesem Text nicht vor.¹ Wir beschreiben und analysieren, wie ein digitales Medium erprobt wird, wie auf Basis dieser Erprobung Rückschlüsse auf weitere Einsatzmöglichkeiten gezogen werden und wie damit erste Schritte zur Einführung und Etablierung, aber auch zur Anpassung und Weiterentwicklung des Mediums an die Erfordernisse des schulischen Unterrichts gegangen werden.² Der Fall, an dem wir diesen Prozess und seine Dynamik beschreiben, ist der Biologieunterricht in einer sechsten Klasse mit dem Gegenstand ‚das Herz‘.

2 Der Aufbau des Unterrichts

Nachdem sich die Schüler*innen im Vorfeld bereits theoretisch mit dem Aufbau des menschlichen Herzens und mit dem Blutkreislauf beschäftigt hatten, steht in einer Biologiestunde der praktische Teil mit einer Präparation von Schweineherzen auf dem Programm. Der Unterricht ist hierfür in besonderer Weise arrangiert und wird in zwei aneinander angrenzenden Klassenräumen durchgeführt. Im einen Raum erfolgt die eigentliche Präparation der Herzen: Unter Anleitung zweier Lehrkräfte und unter Verwendung von Gummihandschuhen und Präparationsbesteck – Präparierschere, Pinzette, ein als „Sonde“ dienender Glasstab – beschäftigen sich die Schüler*innen in Arbeitsgruppen mit den Herzen, die in Präparationsschalen in der Mitte der Tische positioniert sind. Nach und nach machen sich die Schüler*innen mit dem Aufbau des

- 1 Die Forschung, die wir hier präsentieren, ist Teil eines DFG-Forschungsprojekts zur gewerblichen Herstellung didaktischer Objekte und ihrer Verwendung im Unterricht.
- 2 Solche didaktischen Objekte werden von der Bildungswirtschaft hergestellt, auf Didaktikmessen beworben, in Fortbildungsveranstaltungen für das Lehrpersonal eingeübt, ihre Anschaffung von staatlichen Geldgebern finanziert, von den Schulen inventarisiert, um dann verwendet zu werden. Auf den Prozess der Fertigung gehen wir hier nicht ein (hierzu Lange 2017).

Herzens vertraut: Das zuvor abgespülte und vom Blut gereinigte Herz wird zunächst von außen untersucht und betastet, bevor mit dem Glasstab der Weg der Venen und der Verlauf der Herzkranzgefäße verfolgt wird. Die eigentliche Präparation erfolgt dann über das Setzen gezielter Schnitte, um das Herz daraufhin aufklappen und seine Bestandteile im Inneren anschauen, betasten und identifizieren zu können. Die Schüler*innen orientieren sich dabei an einem Arbeitsblatt, das eine Anleitung mit den durchzuführenden Arbeitsschritten sowie erläuternde Abbildungen enthält. Zusätzlich stehen physische Miniaturmodelle zur Verfügung, die beim Abgleich helfen sollen, sowie ein beschriftetes Modell als Beamer-Projektion an der Stirnseite des Raumes.

Abbildung 1: Schüler*innen am Tisch bei der Präparation



Die Präparation solcher Realobjekte ist insofern ein besonderes Thema, als manche Schüler*innen Ekel empfinden, sich nicht trauen oder das Mitmachen aus ethischen Gründen ablehnen. Die Teilnahme am Unterricht ist daher in diesem Fall – ganz im Gegensatz zum allgemein gültigen Zwang zur Teilnahme – nicht verpflichtend, sondern freiwillig, weshalb für diejenigen Schüler, die nicht am Realobjekt präparieren wollen oder können, Alternativen gefunden werden müssen. In diesem Fall geschieht dies über die Einbindung mehrerer digitaler Medien, die im Nebenraum aufgebaut sind. Zur medialen Ausstattung gehören ein *YouTube*-Video einer Präparation, das auf einem Laptop angeschaut werden kann, eine interaktive 3D-Lernsoftware, mit der man ein Modul zum menschlichen Blutkreislauf durcharbeiten kann, und eine VR(*Virtual Reality*)-Brille,

über die man mit einem stereoskopischen Modell des Herzens interagieren kann. Zur Genese ihrer Konzeption der Unterrichtsstunde berichtet die Lehrkraft:³

[...] also ich wusste schon am Anfang des Schuljahrs, dass ich diese Herzen sezieren möchte, habe die auch bestellt schon auf den Tag und dann denkt man schon immer gleich mit: Okay, was gebe ich für Arbeitsaufträge raus für die, die halt umkippen, oder die, die nicht mitmachen möchten, weil das ist nicht berechenbar, manche sagen vorher: ‚Ja ich mache mit‘, und dann geht es doch nicht [...] Und da habe ich gedacht, in Zeiten von *Youtube*, es gibt einfach praktikable Videos und wenn jemand das live nicht sehen kann oder den Schweinegeruch oder das nicht abhaben kann, aber will es trotzdem sehen, kann er es an der Station machen [...] Das Kreislaufmodell habe ich schon mal eingesetzt [...]. Und die Idee kam einfach auf, das zu kombinieren, als halt das vorgestellt wurde jetzt im Herbst. Dass es das Herzmodell einfach gibt [...] Und so kann ich dann auch, hey, baue ich die Station auch auf, so dass ich halt zwei, drei Angebote habe für andere [...] deswegen war das so diesmal für mich zum ersten Mal in so einer Material- oder in so einer Technikfülle [...].

Als Alternativen waren – dieser Darstellung der Lehrkraft zufolge – zunächst ein *Internet-Video* einer Präparation und eine *Lernsoftware* zum Blutkreislauf vorgesehen.⁴ Im Rahmen der Präsentation einer neuen VR-Anwendung durch das Software-Unternehmen, mit dem die Schule seit einiger Zeit intensiv kooperiert, wird die Lehrkraft auf das neue „Herzmodell“ aufmerksam und entschließt sich dazu, es als eine zusätzliche Alternative in ihren Unterricht einzubinden. Die Lehrkraft reagiert also *ad hoc* auf ein sich bietendes neues technisches Medium und nutzt für ihr Vorhaben die Kontakte der Schule zum Unternehmen. Auf diese Weise kommt es zu einer auch für sie neuen und experimentellen Konfiguration des Unterrichts, in der das mediale Repertoire (Realobjekt, physische Miniaturmodelle, zweidimensionale Abbildungen etc.) um eine Reihe weiterer Repräsentationen des Herzens ergänzt wird (Kress et al. 2001: 51-72) und in die auch Mitarbeiter des Unternehmens als Anwendungsbetreuer eingebunden werden.

3 Das virtuelle Objekt im Testlauf

Von den zur Verfügung gestellten Alternativen zieht die VR-Anwendung im Lauf der Biologiestunde die größte Aufmerksamkeit auf sich. Um sie durchzuführen, zieht sich ein Schüler bzw. eine Schülerin die VR-Brille – ein „Head-Mounted Display“ –, über den Kopf, die das Gesichtsfeld vollkommen abschirmt, so dass keine störenden visuellen Eindrücke die Immersion in das Geschehen behindern. Über Stereoskopie entsteht der Eindruck von Räumlichkeit bzw. Dreidimensionalität. Zusätzlich bekommt der Schüler/die Schülerin einen Game-Controller in die Hand, über den er bzw. sie ihre Bewegungen im Raum steuern und das Objekt manipulieren kann. Brille und Controller sind

3 In diesem Aufsatz gehen wir nicht auf alle Aspekte der Interviewauszüge ein, sondern konzentrieren uns auf die für diesen Text wichtigen inhaltlichen Aussagen.

4 Das Modul zum Blutkreislauf ist Teil einer Anwendung, die aus einem Rechnerprogramm mit fachspezifischen Modulen (Biologie, Physik, Kunst etc.), einem Visualisierungsmedium (3D-Bildschirm) und Bedienungselementen (Wii-Controller) besteht. Auf der Basis einer engen Kooperation mit dem Unternehmen werden der Schule auch andere technische Neuerungen zur Verfügung gestellt.

mit Sensoren ausgestattet, die das Lasersignal zweier sog. Basisstationen empfangen, die auf langen, in einiger Entfernung voneinander aufgestellten Metallstangen befestigt sind. Auf diese Weise erfolgen die Positionsermittlung des Nutzers/der Nutzerin und das Tracking seiner/ihrer Bewegungen. Der Schüler/die Schülerin können sich nun in einem Bereich von etwa vier Quadratmetern frei bewegen und mit dem virtuellen Modell interagieren. Die Brille ist dabei über ein Kabel mit einem Bildschirm verbunden, auf den das Bild aus dem Display übertragen wird, sodass andere Schüler*innen sehen, was die jeweilige Nutzerin/der jeweilige Nutzer sieht bzw. was sie/er ‚tut‘.

Abbildung 2: Nutzerin mit VR-Brille



Bei dem sogenannten „Herzmodell“ handelt es sich um eine eigens für eine VR-Brille konzipierte Lerneinheit zum Aufbau und zur Funktion des menschlichen Herzens. Im Zentrum steht die dreidimensionale, übergroße anatomische Darstellung eines menschlichen Herzens. In dem Augenblick, in dem bspw. eine Schülerin die VR-Brille aufgesetzt hat, sieht sie das virtuelle Objekt direkt vor sich. Um mit ihm zu interagieren, muss sie es zunächst ‚erfassen‘, indem sie den Controller in eine bestimmte Nähe zu dem Objekt bringt und einen Knopf gedrückt hält. Daraufhin kann sie das virtuelle Objekt über die Bewegung des Arms drehen und wenden, es sich aus unterschiedlichen Perspektiven anschauen oder auch hineinzoomen. Über solche grundlegenden Möglichkeiten, das sichtbare Objekt zu ‚bearbeiten‘ oder zu manipulieren, kann die Schülerin den Herzschlag, die Herzklappen und den Blutfluss animieren sowie Funktionsstörungen des Organs simulieren. Eine weitere Funktion ist die Simulation bildgebender Verfahren wie des Ultraschalls: Hier lassen sich Schnittebenen einstellen, die dann in der Darstellung sichtbar werden, sodass ein Abgleich zwischen Ultraschallbild und Modell möglich wird; dies soll dem besseren Verständnis der nur schwer zu interpretierenden Bilder dienen. Die Aktivierung dieser Funktionen erfolgt u.a. über Menüpunkte am Bildrand. Ein Protokollauszug:

Die erste Schülerin kommt herein und der Mitarbeiter lädt sie dazu ein, die VR-Brille auszuprobieren. Er weist sie an, sich an einer bestimmten Stelle zu positionieren, hilft ihr beim Aufsetzen der Brille, gibt ihr den Controller in die Hand und erläutert ihr, wie sie ihn benutzen muss. Sie schaut sich zunächst um und wirkt dabei etwas unsicher und auch überrascht. Anfangs bewegt sie den Controller noch etwas zu schnell und bewegt ihren Oberkörper vor und zurück, als habe sie ein reales und unbewegliches Objekt vor sich. [...] Ob man auch sehen könne, wenn da Blut durchfließe, möchte sie wissen, und bekommt erläutert, wie man die entsprechende Animation über die Chatboxen startet. Es erscheinen Pfeile, die, so der Mitarbeiter, den Blutfluss darstellen. Der Mitarbeiter erläutert ihr auch, wie sie die Darstellung interpretieren muss („die Pünktchen zeigen an, wo die Sonde gerade am Herzen ist“), kann aber nicht alle Verständnisfragen, etwa nach medizinischen Fachbegriffen, klären. Nach und nach klappt die Bedienung besser und die Bewegungen der Schülerin werden sicherer. Sie beugt den Körper nach hinten und nach vorne, bückt sich, geht in die Knie, schaut an sich herunter, zuckt zurück, vollführt kreisende Bewegungen mit dem Controller, rudert mit dem Arm und winkelt ihn an, dreht sich um sich selbst, schiebt das Kabel beiseite, wendet den Kopf, schaut nach oben und unten, zieht und schiebt das Modell und schaut hinein. Schließlich hält sie inne, schiebt die Brille nach oben und sagt: „Spitze! Man vergisst, dass man überhaupt Sinne hat. Krass!“

Die Einführung der Schülerin in die Anwendung ist durch zwei Phasen gekennzeichnet. Zunächst geht es um die Adaption an Bedienung und Funktionsweise unter Anleitung des Firmenmitarbeiters. Die Schülerin lernt, wohin sie schauen muss, wie sie das Modell ‚anfassen‘ und bewegen kann, wie sie das Menü ansteuert und wie sie ihren Körper dabei koordinieren muss, welche Möglichkeiten sie hat, sich etwas anzeigen zu lassen, und wie das, was sie sieht, zu interpretieren ist. Nachdem sie die Steuerung und die grundlegenden Funktionen kennen gelernt hat, ist die zweite Phase durch ein freies und spielerisches Ausprobieren gekennzeichnet, in das sich der Mitarbeiter nicht mehr einschaltet. Die Art und Weise, wie die Schülerin mit dem Objekt interagiert, sowie die abschließende Bewertung des Vorgangs machen deutlich, dass hier weniger die Exploration des Herzens und seines Aufbaus, sondern eher die Erprobung der Technologie und die Generierung einer Erfahrung im Mittelpunkt steht. Es spricht einiges dafür, dass diese Ausrichtung der Aufmerksamkeit weg vom Inhalt und hin auf das Medium durch den Neuigkeitswert der Anwendung sowie das hohe Lernniveau begünstigt wird: Im Zentrum steht nicht der Umgang mit dem Modell als einem Träger von Information, sondern der Umgang mit dem Modell *als* virtuellem Objekt.

In der Gruppe der Schüler*innen zeigt sich dieser Effekt noch deutlicher. Nach und nach scheint sich herumzusprechen, dass es im Nachbarraum etwas zu bestaunen gibt, und immer mehr Schüler*innen kommen, um sich das anzuschauen und es auszuprobieren. Das Medium erweist sich mehr und mehr als Aufmerksamkeitsgenerator und versammelt eine zunehmende Zahl an Schüler*innen um sich, die dem Geschehen beiwohnen, den Akteur*innen Anweisungen geben („Geh mal ins Herz rein!“, „mach mal den Herzschlag an!“), das Geschehen kommentieren („man will es anfassen, aber es geht nicht!“), dabei immer wieder scherzen und lachen und miteinander aushandeln, wer als nächstes an der Reihe ist.

Abbildung 3: Erprobung mit Zuschauer*innen

Wer ‚dran‘ ist, steht im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit, und manche/r nutzt die Gelegenheit, um durch ungelenke Körper- und Suchbewegungen das Lachen der Mitschüler*innen zu provozieren. Es wird zu einem Spiel, die Öffnung der Aorta zu finden und hineinzuschauen oder die eigene Position im Raum zu erraten. Der Neuigkeitswert des Mediums scheint sich auf die Schüler*innen, die mit ihm in Kontakt kommen, direkt zu übertragen: Wer sich der Herausforderung schon gestellt und sie erfolgreich bewältigt hat, kann diesen Umstand hervorheben und wird zum Experten, der den anderen Schüler*innen Hinweise geben kann, ‚wie es geht‘ und was sie tun sollen. Für die Schüler*innen fungiert die Anwendung auf diese Weise als eine Ressource: Sie setzt ein Spiel um Statuspositionen und Distinktionsgewinne in Gang und rekonfiguriert damit auch das Verhältnis der Schüler*innen untereinander (vgl. Burnett 2015). Den anderen Alternativen läuft sie über weite Strecken ‚den Rang ab‘ – so muss etwa die Bearbeitung des Moduls zum Blutkreislauf explizit angeregt werden.

Indem es dem Unterricht auf diese Weise Züge eines *Events* verleiht, trägt das Medium zu einer Transzendierung des schulischen Alltags bei, die schon in der Präparation der Herzen selbst angelegt ist. Ein Organ zu präparieren ist etwas Besonderes und ermöglicht eine Erfahrung, die die Schulroutine selten bereithält und sie damit temporär durchbricht. Nach Aussage der Lehrkraft fungiert die Präparationsstunde als ein „Highlight“ und als „Motivationspritze“, indem sie das, was zuvor in der Theorie gelernt wurde, ergänzt. Hierzu die Lehrkraft:

Das, was wir die ganze Zeit gelernt haben in schöner Theorie, sieht wirklich so aus, ich erkenne die Klappen, ich erkenne die Vorhöfe, ich kann durch die Adern wirklich durchgehen und die Venen sind labelbig und die Arterien sind fest, also das, was einfach erzählt wird, zu sehen. [...] Also dafür lebt halt Biologie auch, dass man so Sachen anguckt.

Die Lehrkraft sieht als Ziel der Stunde die Vertiefung und Konsolidierung des bislang behandelten ‚theoretischen‘ Wissens durch Anschauung: Die Schüler*innen sollen mit dem bislang nur aus der Theorie bekannten Objekt in Berührung kommen, sollen es sehen, anfassen, untersuchen und das, was sie bislang abstrakt gelernt haben, konkret erfahren können. Es geht in dieser Sitzung also nicht um die Produktion neuen, abfragbaren Wissens, das in Klausuren geprüft werden kann, sondern um die praktische Anwendung eines solchen, schon zuvor behandelten Wissens, was sich auch darin niederschlägt, dass diese Stunde im Wesentlichen schriftlos bleibt, denn es erfolgen keine Anschrift an einer Tafel, keine Niederschrift in ein Schulheft und keine Abfrage in Tests. Mit anderen Worten: Es findet in dieser Unterrichtsstunde keine Generalisierung des Wissens durch Schriftmedien statt.⁵ Entsprechend kann den Schüler*innen die Teilnahme an der Präparation des Herzens auch freigestellt werden. Diese spezifische Anlage des Unterrichts schafft nun einen Kontext, in dem das neue Medium ungezwungen ausprobiert werden kann, ohne dass dies problematisiert werden muss: Die Lehrkraft kann es zulassen, dass sich die Schüler*innen auf die spielerische Erprobung der Technologie beschränken und sich in erster Linie dem damit verbundenen Erfahrungswert zuwenden; sie kann es sich ‚leisten‘, sich auf die Betreuung der eigentlichen Präparation am Realobjekt zu konzentrieren, nur sporadisch einmal nach dem Rechten zu sehen und die Betreuung der Anwendung den Firmenmitarbeiter*innen zu überlassen, die aber fachliche Fragen nicht zwangsläufig beantworten können. Tatsächlich erscheinen die Eventisierungspotentiale, die mit der Einbindung dieses neuen Mediums in den Unterricht verbunden sind, in dieser Konstellation weniger als Problem denn als Ressource: Die Lehrkraft kann von einer Steigerung des Attraktivitätswerts dieser Stunde für die Schüler*innen profitieren, ohne etwa Unterrichtszeit zu verlieren.

4 „Forschen mit virtuellem Skalpell“ – Offenheit und Weiterentwicklung

Die experimentelle Involvierung des neuen Mediums zeitigt aber auch Effekte. So gehört zur Erprobung bspw. auch die Evaluation dieses Einsatzes. Dies geschieht in dieser Pilotschule beim Einsatz neuer Medien immer wieder und wird in unterschiedlicher Weise durchgeführt. Teils werden die Schüler*innen in der nächsten Stunde gefragt (‚Wie war es, was ist hängen geblieben, was war gut oder nicht gut?‘), teils werden ein einfacher Fragebogen verteilt oder Aufgaben gestellt, in denen die Vor- und Nachteile der verschiedenen Annäherungen an den Lerninhalt erörtert werden sollen. Auf diese Weise ziehen Lehrkräfte dann Rückschlüsse auf die weitere Verwendung des Mediums. Im Fall des Herzmodells kommt die Lehrkraft nach einem Gespräch mit den Schüler*innen und auf der Basis eigener Beobachtungen zu folgender Einsicht:

5 Hiermit unterläuft dieser Unterricht die Annahme der Schule, dass alle Schüler*innen über das gleiche Wissen verfügen, das auch prüfbar ist (Kalthoff 2017).

Wenn ich das nochmal mit der Klasse mache, werde ich sicher zwei Aufgaben auch dazu stellen, also dass die sich gezielt Sachen angucken [...]. Also für mich war das jetzt auch neu und in der Kombination mit dem Präparieren ist es sowieso Organisationsaufwand, deswegen habe ich auch keine Arbeitsblätter gemacht, aber für das nächste Mal werde ich schon gucken, dass die Schüler einzelne Arbeitsaufträge haben, dass sie mit dem Modul, mit dem einfach nochmal was beobachten müssen oder was gucken müssen, sie einfach da auf die inhaltliche Ebene stupsen. Ja. Also (das) [...] steht und fällt auch mit den Arbeitsaufträgen dazu, mit den Arbeitsblättern. [...] also ich muss ja auch Fachinhalt vermitteln und dann [...] darf ich nicht nur auf der Wow-Ebene stehen bleiben. Also das heißt, Beschriftung von bestimmten Bestandteilen, oder ich guck mir eben Blutfluss genauer an oder ich habe die Möglichkeit, das Herz zu schneiden in der oder der Richtung, was ja schon geht, so bestimmte Sachen kann man ja aufklappen.

Deutlich wird hier der explorative Charakter dieses erstmaligen Einsatzes: Über die spielerische Erprobung wird es möglich, das Lernmedium im Hinblick auf seine Möglichkeiten und Grenzen, mögliche Gefahren (etwa der Ablenkung) und seine performativen Effekte zu beobachten, zu beurteilen, wie es für die Ziele des Unterrichts eingebunden werden kann, und Strategien für einen künftigen Einsatz zu entwickeln. Die Lehrkraft zieht aus ihren Beobachtungen vor allem den Schluss, dass es einer begleitenden Rahmung bedarf, um das Medium vom reinen Effekt auf die Vermittlung von Fachinhalten umstellen zu können. Demzufolge zieht sie eine wiederholte Einbindung der VR-Anwendung in Betracht, verbindet dies aber mit Überlegungen zu einer gezielteren Nutzung. Diese Einbindung des Mediums soll über eine Rahmung der Schüleraktivität erfolgen, u. a. durch Arbeitsaufträge, welche die Aufmerksamkeit auf fachliche Aspekte lenken, sowie durch Arbeitsblätter, welche die fachlichen Inhalte schriftlich festhalten, verfügbar und abfragbar machen. Bei ihren Überlegungen stützt sich die Lehrkraft auf das, was das Modul fachlich ‚hergibt‘: die Darstellung des Blutflusses, die Möglichkeit, das Objekt ‚aufzuklappen‘ oder Schnittebenen darzustellen. Darüber hinaus entwickelt sie aber auch Vorstellungen darüber, wie das Modul weiterentwickelt werden kann, um es für Unterrichtszwecke besser nutzen zu können.

Ich habe da auch überlegt, was mir jetzt noch gefehlt hätte in der Weiterentwicklung von diesem Gerät für diese Präparationsstunde. Wenn man [...] diese 3D-Animation hätte und man könnte in der Stunde davor quasi diese Sektion schon mal digital üben, durchmachen. Das heißt, ich kann einfach mal ein Herz drehen und [...] man kann sich das angucken, ‚da seht ihr [...] das und dann schneidet ihr hier‘. Also quasi eine Anleitung schon mal virtuell durcharbeiten, durcherleben und in der Nachfolgestunde gehen sie halt ran. [...] weil gerade bei der Herzformation, häufiger Fehler ist halt, dass sie sehr motiviert anfangen, gar nicht lesen und einfach erstmal schneiden und dann aber ein paar Sachen einfach schon kaputt schneiden oder durchtrennen. Und das wäre so ein super Effekt, den man noch weiterentwickeln könnte. [...] Forschen mit virtuellem Skalpell [...]. Und dann hast du es einfach mal geübt, in welche Richtung, und dann kriegst du am nächsten Tag ein schönes Herz, orientierst dich, weißt aber schon theoretisch, wo du schneiden musst ungefähr schon. Das wäre super.

In diesem Auszug wird eine weitere Dimension erkennbar: Das Modul ist nicht explizit für den Schulunterricht, sondern für die medizinische Ausbildung konzipiert und wirft daher im Schulgebrauch auch Probleme auf. Das heißt: Obwohl das Modul eine Reihe von Funktionen beinhaltet, welche die Lehrkraft konstruktiv einbinden und zu denen sie Arbeitsaufträge erstellen kann, entspricht dieses Modul nicht den Anforderungen eines Biologieunterrichts der neunten Jahrgangsstufe. Daher entwickelt die Lehrkraft zwei Perspektiven: Erstens eine pragmatische Sicht, die die bereits gegebenen Funktionalitäten

des Moduls so gut wie möglich auszuschöpfen sucht; zweitens eine ‚visionäre‘ Sicht, die sich zwar von den Möglichkeiten des Moduls inspirieren lässt, aber vor allem überlegt, wie es für den Schulunterricht weiterentwickelt werden kann. In der Formel „Forschen mit virtuellem Skalpell“ drückt sich diese zweite Sicht aus: Eine solche Funktionalität bietet, so die Lehrkraft, die Möglichkeit, die Anwendung schon im Vorfeld einzusetzen, um die Schüler*innen über die Simulation der Herzpräparation an diese Aufgabe heranzuführen und sie so optimal darauf vorzubereiten. Aus unseren ethnographischen Beobachtungen wissen wir, dass diese Lehrkraft in enger Kooperation mit dem lokalen Unternehmen digitale Lernmodule mit erarbeitet. Sie spricht hier daher auch als Softwareentwickler, der Erfahrungen aus der praktischen Anwendung in die Weiterentwicklung des Lernmediums einpeist. Die erprobende Anwendung des Lernmoduls im Schulunterricht ist somit auch ein Testlauf für die Softwareentwicklung jenseits der Organisation Schule.

Der pädagogisch-didaktische Sinn des neuen Objektes ergibt sich u. a. aus der Anschauung eines Gegenstandes durch seine visuelle Repräsentation, aus dessen Einreihung in den sozialen Gebrauch anderer Medien sowie – damit verbunden – aus seiner Normalisierung durch das heterogene Ensemble analoger und digitaler Objekte, das den Vollzug des Unterrichts mit konstituiert (Kress et al. 2001; Jewitt 2006). Das heißt, dass die Erprobung eines neuen didaktischen Objektes den Unterricht selbst zu einem epistemischen Gegenstand macht: Nicht nur das Objekt wird erprobt, sondern der Unterricht wird (erneut) beobachtet, angepasst und rekonfiguriert: Gefordert sind u. a. andere Abläufe und Arbeitsaufträge, andere Zeitplanungen und diskursive Rahmungen des Objekts.

Für die Schüler*innen eröffnet diese „objektuale Praxis“ (Knorr Cetina 2001) einen anderen Zugang zu den Themen des Unterrichts. Sie erwerben vor allem Anschauungswissen über den Gegenstand (hier: das Herz), was ihr praktisches Wissen (etwa des Gebrauchs eines Skalpells am Realobjekt) ergänzt: Ohne das Realobjekt gesehen oder befühlt zu haben, wissen Schüler*innen schon, wo sie ‚ungefähr schneiden‘ müssen. Zu ergänzen ist, dass auch die praktische Handhabung von Realobjekt und Werkzeug (Herz, Skalpell) auf das zurückwirkt, was virtuell gesehen wurde: Was Schüler*innen gesehen haben, erschließt sich ihnen umfänglicher, wenn sie ihr Wissen am Realobjekt erproben.⁶

5 Schluss

Der Biologieunterricht erweist sich im Hinblick auf die Einführung eines neuen digitalen Lernmediums als Experimentierfeld. Die Lehrkraft nutzt die spezifische Anlage dieser Stunde für die spielerische Erprobung eines neuen digitalen Objekts: Es soll eine praktische Anwendung von bereits Gelerntem stattfinden und es sollen zugleich Alternativen zur Präparation am Realobjekt erprobt werden. Eingebunden in eine Unterrichtskonzeption, in der das mediale Repertoire des Unterrichts um alternative Annäherungsweisen an Aufbau und Funktion des Herzens ergänzt wird, bei der alte und neue Medien

6 Dieses allgemeine Verhältnis von Medium/Darstellung und Interpretation wird sich dann noch einmal verändern, wenn *Augmented Reality*-Brillen in den Schulunterricht eingeführt werden. Zu vermuten ist, dass sie die Wahrnehmung von virtuellen Darstellungen und realen Objekten stärker parallelisieren.

nebeneinander stehen, so dass das Herz gleichermaßen als Realobjekt, als physisches Miniaturmodell, als Objekt in einem Lernvideo und als interaktives virtuelles Modell verfügbar gemacht wird, ist es Teil einer Angebotsstruktur, die die Schüler*innen nutzen können, aber nicht nutzen müssen.

Das neue Medium ist so Teil einer Restrukturierung des Unterrichts und löst auf diese Weise einerseits ein Handlungsproblem der Lehrkraft im Hinblick auf die Beschäftigung von Schüler*innen, die nicht an der Präparation teilnehmen können oder wollen. Auf der anderen Seite wird diese Konfiguration genutzt, um das neue Medium im Hinblick auf seine Effekte, Potentiale und seine mögliche Einbindung in den Unterricht zu beobachten. Dass das für eine andere Zielgruppe entwickelte Modul für das Lernniveau der Jahrgangsstufe zu anspruchsvoll ist und sich der Umgang der Schüler*innen auch aufgrund des Neuigkeits- und Unterhaltungswerts des Mediums vorwiegend auf das Objekt selbst statt auf den Inhalt richtet, erscheint vor diesem Hintergrund für die Lehrkraft nicht als Problem. Auf Basis dieser ersten Erprobung entwickelt sie Vorstellungen zu einer fachgerechten Einbindung des Mediums, die einerseits auf die Entwicklung von Aufgaben und Arbeitsblättern hinauslaufen, andererseits aber auch darauf, dass Vorstellungen im Hinblick auf die weitere Ausgestaltung des Mediums selbst entwickelt werden. Die VR-Anwendung betritt den Unterricht nicht als ein unveränderliches Objekt, dessen Eignung für den Unterricht bereits geklärt wäre, sondern als ein offenes Objekt, das diese Eignung erst noch erweisen, erst noch weiter zugeschnitten werden muss und für dessen Einbindung entsprechende Strategien erst noch ersonnen werden müssen. Auf diese Weise bewirkt es nicht nur eine temporäre Rekonfiguration des Unterrichtsgeschehens im Hinblick auf die räumliche, soziale und inhaltliche Dimension, sondern es stimuliert die Entwicklung neuer Konzepte des Unterrichtens und zugleich der Entwicklung des Lernmediums selbst. Die experimentelle Erprobung ist ein erster Schritt in der Etablierung des Mediums im Kontext der Schule.

Mit der Einführung und Verwendung der Technologie sind sinnliche Umstellungen verbunden. Erfordern analoge bzw. Realobjekte die Verwendung anderer Sinne ihrer Nutzer*innen (etwa den Tastsinn bei der Sezierung eines Schweineherzens, s. o.), so digitale Objekte im Wesentlichen den Sehsinn, andere Wahrnehmungssinne (Hören, Riechen) werden neutralisiert. So bleiben die Hände auf die Bedienung elektronischer Elemente beschränkt: Die Schüler*innen halten Knöpfe gedrückt und bewegen sie, aber sie ertasten nicht den Gegenstand des Lernens. Mit anderen Worten: Die Verbindung von Schüler*innen-Nutzer*innen und Lerngegenstand (etwa das simulierte Herz) bleibt trotz konkretistischer Immersion eigentümlich getrennt.

Autorenangaben

Prof. Dr. Herbert Kalthoff
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Institut für Soziologie
Jakob-Welder-Weg 12
55128 Mainz
06131/39-24044
herbert-kalthoff@uni-mainz.de

Dr. Torsten Cress
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Institut für Soziologie
Jakob-Welder-Weg 12
55128 Mainz
06131/39-20025
cresst@uni-mainz.de

Literaturverzeichnis

- Allert, Heidrun/Asmussen, Michael/Richter, Christoph (2018): Formen von Subjektivierung und Unbestimmtheit im Umgang mit datengetriebenen Lerntechnologien – eine praxis-theoretische Position. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Jg. 21/H. 1, S. 142-158.
- Bayne, Sian (2015): What's the Matter with 'Technology-Enhanced Learning'? In: Learning, Media and Technology, Jg. 40/H. 1, S. 5-20.
- Birmingham, Peter/Davies, Chris/Greiffenhagen, Christian (2002): Turn to Face the Bard. Making Sense of Three-Way Interactions Between Teacher, Pupils and Technology in the Classroom. In: Education, Communication & Information, Jg. 2/H. 2/3, S. 139-161.
- Burnett, Cathy (2016): Being Together in Classrooms at the Interface of the Physical and Virtual: Implications for Collaboration in On/Off-Screen Sites. In: Learning, Media and Technology, Jg. 41/H. 4, S. 566-589.
- Facer, Kerei (2011). Learning Futures. Education, Technology and Social Change. London: Routledge.
- Greenhow, Christine/Lewin, Cathy (2016): Social Media and Education. Reconceptualizing the Boundaries of Formal and Informal Learning. In: Learning, Media and Technology, Jg. 41/H. 1, S. 6-30.
- Hartung-Griemberg, Anja/Schorb, Bernd (2018): Digitale Bildung oder von der ewigen Wiederkehr der Unvernunft. Editorial. In: merz – Medien + Erziehung, H. 5, S. 6-7.
- Jewitt, Carey (2012): Technology, Literacy and Learning: A Multimodal Approach. London: Routledge.
- Johri, Aditya (2011): The Socio-Materiality of Learning Practices and Implications for the Field of Learning Technology. In: Research in Learning Technology, Jg. 19/H. 3, S. 207-217.
- Kalthoff, Herbert, Cress, Torsten (2019, im Druck): Die Praxis der Repräsentation. Der schulische Gebrauch analoger und digitaler Objekte. In: Soziale Welt, Jg. 70/H. 4.
- Kalthoff, Herbert (2017): Kontingenz und Unterwerfung. Die organisierte Humanevaluation der Schule. In: Hirschauer, Stefan (Hrsg.): Praktiken der Humandifferenzierung. Weilerswist: Velbrück, S. 259-284.
- Kalthoff, Herbert/Röhl, Tobias (2011): Interobjectivity and Interactivity. Material Objects and Discourse in Class. In: Human Studies, Jg. 34/H. 4, S. 451-469.
- Kommer, Sven (2018): Digitale Bildung in der Bundesrepublik Deutschland. Stand der Dinge. In: merz – Medien + Erziehung, H. 5, S. 32-34.
- Knorr Cetina, Karin (2001): Objectual Practice. In: Schatzki, Theodore R./Knorr Cetina, Karin/Savigny, Eike von (Hrsg): The Practice Turn in Contemporary Theory. London: Routledge, S. 175-188.
- Kress, Gunther/Jewitt, Carey/Ogborn, Jon/Tsatsarelis, Charalampos (2001): Multimodal Teaching and Learning. The Rhetorics of the Science Classroom. London: Bloomsbury.
- Lange, Jochen (2017): Schulische Materialität. Empirische Studien zur Bildungswirtschaft. Oldenbourg: De Gruyter.
- Loveless, Avril/Williamson, Ben (2013): Learning Identities in a Digital Age. Rethinking Creativity, Education and Technology. London/New York: Routledge.
- Mayer, Richard E. (2009): Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schelhowe, Heidi (2016): „Through the Interface“ – Medienbildung in der digitalisierten Kultur. In: MedienPädagogik, Jg. 25, S. 40-58.
- Selwyn, Neil (2003): Schooling the Mobile Generation. The Future for Schools in the Mobile-Networked Society. In: British Journal of Sociology of Education, Jg. 24/H. 2, S. 131-144.
- Selwyn, Neil (2011): Education and Technology. Key Issues and Debates. London: Bloomsbury.
- Sims, Christo (2017): Disruptive Fixation: School Reform and the Pitfalls of Techno-Idealism. Princeton: Princeton University Press.

- Strauss, Anselm L. (1998): Grundlagen qualitativer Sozialforschung: Datenanalyse und Theoriebildung in der empirischen und soziologischen Forschung. München: Fink.
- Thibaut, Patricia/Curwood, Jen Scott/Carvalho, Lucila/Simpson, Alyson (2015): Moving Across Physical and Online Spaces: A Case Study in a Blended Primary Classroom. In: Learning, Media and Technology, Jg. 40/H. 4, S. 458-479.
- Vollbrecht, Ralf (2018): Medienbildung in digitalisierten Welten. In: merz – Medien + Erziehung, H. 5, S. 27-33.
- Williamson, Ben (2017): Big Data in Education. The Digital Future of Learning, Policy and Practice. Los Angeles: Sage.