Zirkulierendes Wissen. Didaktische Lernmaterialien als Objekte trans-epistemischer Kooperation

Torsten Cress · Herbert Kalthoff

Angenommen: 7. Februar 2022 / Online publiziert: 8. März 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung Seit einigen Jahren beobachtet die sozialwissenschaftliche Schul- und Unterrichtsforschung die Rolle schulischen Lehr- und Lernmaterials. Fokussiert wird dabei vor allem die soziale Verwendung der meist bereits fertig vorliegenden Materialien im Vollzugsgeschehen des Unterrichts. Dieser Beitrag tritt einen Schritt zurück und beobachtet stattdessen die Herstellung und Verwendung solcher Objekte *vor* ihrer Produktreife. Anhand eines Fallbeispiels einer Kooperation zwischen zwei Schulen und einem bildungswirtschaftlichen Technologieunternehmen wird die Entwicklung und Erprobung einer Lernsoftware sowie dazugehöriger VR-Technologie untersucht. Es wird analysiert, wie Lehrkräfte und Firmenmitarbeiter/innen in die jeweils anderen Praxiskontexte eingebunden werden und dabei ihr technisches resp. didaktisches Wissen wechselseitig füreinander verfügbar machen. In der kooperativen Arbeit an digitalen didaktischen Objekten werden Grenzziehungen zwischen Schule und Unternehmen temporär transzendiert. Die Objekte, die auf dieser Basis anwendungsorientiert entwickelt werden, erweisen sich als Resultat einer trans-epistemischen kooperativen Regulation von didaktischen „Visionen“ und technischer „Machbarkeit“. Indem die verschiedenen Dimensionen der kooperativen gewerblichen Fertigung digitaler didaktischer Objekte sowie deren prototypisches Versuchsstadium in den Blick genommen werden, analysiert der Beitrag den Prozess der Digitalisierung von Unterricht als ein innovatives soziales Geschehen, das durch ökonomische, technische und didaktische Rationalitäten strukturiert wird.

Torsten Cress (✉) · Herbert Kalthoff
Institut für Soziologie, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, Jakob-Welder-Weg 12, 55128 Mainz,
Deutschland
E-Mail: czesst@uni-mainz.de

Herbert Kalthoff
E-Mail: herbert.kalthoff@uni-mainz.de

Schlüsselwörter Bildung · Unterricht · Digitalisierung · Objekte · Wissen · Ethnographie

Circulating Knowledge. Didactic materials as objects of trans-epistemic cooperation

Abstract In recent years, classroom researchers have increasingly turned to the use of didactical teaching materials. Mostly addressing objects already designed and fabricated, the majority of studies have focused on the social use of such resources in class. This paper takes a step back in order to observe how didactical objects are developed and tested *before* going into production. Looking at a cooperation between two schools and a company specialized in digital teaching materials, it investigates the development of a learning software and its corresponding VR technology. It analyzes how teachers and company employees involved one another into each other's working environments and how they, in doing so, made their technical and didactic knowledge mutually available, thereby temporarily transcending the boundaries between school and company. The educational objects developed for application in class thus result from a trans-epistemic process of cooperative regulation between educational "vision" and technological "feasibility". By looking at the various dimensions of the cooperative commercial production of digital educational objects at the stage of prototype development and testing, the paper analyzes the digitalization of school teaching as an innovative social process structured by economic, technological and educational rationalities.

Keywords Education · Teaching · Digitalization · Objects · Knowledge · Ethnography

La circulation des savoirs. Les ressources éducatives comme objet de coopération trans-épistémique

Résumé Depuis quelques années, la sociologie de l'école et de l'éducation s'intéresse de plus en plus aux ressources éducatives utilisées en classe. Dans ce contexte, l'accent est mis sur l'utilisation sociale de ressources généralement préexistantes dans le cadre de l'enseignement. Cet article fait un pas en arrière en observant la production et l'utilisation de ces objets *avant* leur arrivée à maturité. A partir de l'exemple de la coopération entre deux écoles et une entreprise technologique du secteur de l'éducation, cet article étudie le développement et l'expérimentation d'un logiciel éducatif et de la technologie de réalité virtuelle associée. L'analyse porte sur la façon dont les enseignants et les collaborateurs de l'entreprise sont introduits dans le contexte de la pratique de l'autre et rendent leur savoir, respectivement technique et didactique, accessible à l'autre. Le travail de coopération sur des objets numériques didactiques transcende temporairement les frontières entre l'école et l'entreprise. Les objets développés sur cette base en vue d'un usage pratique se révèlent être le résultat d'une régulation coopérative trans-épistémique entre « visions » didactiques et « faisabilité » technique. En se penchant sur les différentes dimensions de la production commerciale coopérative

d'objets didactiques numériques et en particulier sur le stade de l'expérimentation de prototypes, cet article analyse la numérisation de l'enseignement comme un processus social innovant structuré par des rationalités économique, technique et didactique.

Mots-clés Éducation · Enseignement · Numérisation · Objets · Savoir · Ethnographie

1 Einleitung

Die sozialwissenschaftliche Schul- und Unterrichtsforschung hat bislang umfangreich und detailliert verschiedene Dimensionen des schulischen Unterrichtens beforcht und den schulischen Alltag empirisch wie theoretisch detailliert in den Blick genommen. Beobachtet wurde u. a., wie schulischer Unterricht organisatorisch vorbereitet sowie räumlich und sprachlich vollzogen wird, welchen Regeln und welcher Logik der kommunikative Austausch zwischen Lehrkräften und Schüler/innen folgt und welche Relevanz die „peer culture“ für Schüler/innen und für den Unterricht besitzt (stellvertretend für viele Untersuchungen siehe etwa: Breidenstein 2004; Ayaß und Pitsch 2008; Krappmann und Oswald 1995). Zum Forschungsgegenstand wurden etwa verschiedene administrative Verfahren der Schulorganisation, das praktische Wissen der Unterrichtsgestaltung, die Konstitution der fachlichen Gegenstände im Unterricht, die Rolle und Kontrolle von Hausarbeiten, die Überprüfung und Bewertung des Schülerwissens sowie die inkorporierten Schemata von Lehrkräften und Schüler/innen. Es wird hier analytisch beschrieben, wie schulische Akteure handeln und ihr Wissen organisieren, in welche fachlichen Wissens- und Auseinandersetzungsprozesse der schulische Alltag eingebettet ist und wie schulische Akteure ihre Welt sich und anderen erklären (siehe auch Proske und Niessen 2017; Maier 2016).¹

Zugleich gibt es materialitätstheoretisch ausgerichtete Untersuchungen, welche die Rolle von didaktischen Objekten im Unterrichtsgeschehen in den Blick nehmen, wie etwa Schulbücher, Materialien im Physikunterricht, Darstellungsmedien wie z. B. analoge und elektronische Schultafeln sowie die Schularchitektur und die Raumausstattung. Für diese Forschungen ist die Schule der zentrale Ort, an dem der Gebrauch, die Wirkung und die Bedeutung didaktischer Objekte erforscht und rekonstruiert werden können. Dabei wird mit kultur- bzw. materialitätstheoretischen Überlegungen (u.a. Latour 2001; Knorr Cetina 1997; Daston 2004; Kalthoff 2019) davon ausgegangen, dass in diesen didaktischen Objekten bzw. Materialien ein bestimmtes Alltagswissen über Schule oder gar eine didaktische Theorie des Schule-Machens enthalten ist. Um diesen (theoretischen) Wissensformen auf die Spur zu kommen, beobachtet man erstens, wie diese didaktischen Objekte und Materialien – und die in ihnen enthaltenen Überlegungen – den Unterricht ko-konstituieren, wie sie zweitens ihre eigene Verwendung vorgeben bzw. strukturieren und wie sie drit-

¹ Zu diesen und weiteren Dimensionen des Schulbesuchs liegen nicht nur eine Vielzahl empirisch-analytischer Ergebnisse vor, es gibt auch verschiedene Vorschläge dazu, wie sie konzeptionell respektive theoretisch zu fassen sind (grundlegend: Bourdieu 1989; Luhmann 2002).

tens performativ auf diejenigen zurückwirken, die mit ihnen umgehen. Methodisch geschieht dies in aller Regel durch Beobachtungen des Schulunterrichts: Lehrkräfte und Schüler/innen werden dabei *in situ* beobachtet, wie sie unter anderem didaktische und alltägliche Objekte und Materialien einführen und rahmen, wie sie mit ihnen schulische Gegenstände und Themen (etwa aus den Naturwissenschaften, der Mathematik und der Geschichte) sichtbar und bearbeitbar machen, wie sie diese Objekte aber auch wieder beiseitelegen und das erarbeitete Fachwissen – den „Stoff“ – systematisieren und generalisieren (siehe nur Röhl 2013; Rabenstein 2018; Fetzer 2010; Greiffenhagen 2014; Ahlrichs und Macgilchrist 2017; Martens et al. 2015).

Wenngleich diese Arbeiten die Gebrauchsweisen didaktischer Materialien im Kontext des schulischen Unterrichts untersuchen, sind ihre Befunde durchaus heterogen, was unter anderem auf unterschiedliche theoretische Bezüge und Annahmen zurückgeführt werden kann. Zu nennen sind hier erstens ein Bezug zur Actor-Network-Theory (Latour 1999) mit ihrer Idee eines Netzwerks von Menschen und Artefakten, welches soziales Handeln überhaupt erst ermöglicht (Bossen 2020), zweitens ein ethnomethodologisch (Garfinkel 1967) inspirierter Doing-lesson-with-things-Ansatz, der den materiellen Sinn didaktischer Objekte humanisiert, d. h. an den vielfältigen menschlichen Gebrauch bindet (etwa Wiesemann und Lange 2015), drittens eine an Karl Mannheims (1980) Wissenssoziologie angelehnte interpretative Empirie, die von einer Menschen verbindenden Praxis mit Artefakten in „konjunk-tiven Transaktionsräumen“ ausgeht (etwa Nohl 2011; Asbrand und Nohl 2013), und viertens Arbeiten, die sich auf die praxistheoretische Unterscheidung von Habitus und Habitat (Bourdieu 1980) sowie auf Praktiken-Arrangements-Konstellationen (Schatzki 2002) beziehen (etwa Berdelmann und Reh 2015).² Im Zentrum dieser Forschungen stehen Objekte und ihre Individuen oder umgekehrt Individuen und ihre Objekte. Mit anderen Worten: Geht es der einen Forschung darum, die Wirkmächtigkeit von didaktischen Objekten aufzuzeigen, die ihre Nutzer in ihr technisches Funktionieren einspannen, so der anderen um die Darstellung einer vielfältigen und auch symbolischen Verwendung von Materialien, mit denen Unterrichtszeit und Lernen performativ vollzogen werden.

Trotz ihrer konzeptionellen wie empirischen Heterogenität teilen diese Arbeiten indes einen gemeinsamen Ausgangspunkt: In Bezug auf die Zeitdimension dieser Praxis setzen sie *nach der Fertigstellung* der Lehr- und Lernmaterialien und deren Distribution über den Markt der Bildungsgüter an. Das heißt: Die Forschung beginnt, wenn diese Güter entwickelt und erprobt, auf Messen und in Katalogen beworben, von Kultusadministrationen finanziert, von Schulen eingekauft, inventarisiert und einsortiert oder von Schüler/innen bzw. ihren Familien käuflich erworben wurden.³ Fragen, die sich auf die Entwicklung, Produktion und Distribution dieser Güter sowie

² Empirische Arbeiten, die mit „Neuen Materialismen“ operieren, die ihrerseits jegliche ontologische Vor-entscheidung sowie die Bedeutung von Sprache und Diskursen radikal in Frage stellen und von einem Werden im Geschehen ausgehen (etwa Barad 2012), gibt es für die sozialwissenschaftliche Bildungsforschung bislang nur ansatzweise (etwa Wunder 2020). Zu einer Empirisierung des Ansatzes von Theodore Schatzki vgl. Cress (2019).

³ Schon ein kurzer Blick in die schulische Wirklichkeit entdeckt Schränke und Räume, in denen ganze Sammlungen von Objekten, Landkarten, Büchern und anderen Materialien in fachlich geordneter Weise aufbewahrt werden (Röhl 2013, S. 55 ff.).

auf ihren Erwerb und ihre organisatorische Erfassung beziehen, werden entsprechend nicht gestellt. Was aber lässt sich erkennen, wenn die Forschung zeitlich zurücktritt und das vorbereitende „Schule-Machen“ beobachtet?

Diejenige Forschung, die sich bereits auf diese theoretische Spur begeben hat (etwa Lange 2017; Macgilchrist 2011; Kalthoff et al. 2020), geht davon aus, dass Schulunterricht nicht ausschließlich in der Situation des Unterrichts vollzogen wird, sondern an anderen Orten, zu anderen Zeiten sowie mit anderen Mitteln und Zielen vorbereitet bzw. vorstrukturiert wird. In einem zeitlichen Vorgriff wird der Schulunterricht demnach *auch* an diesen Orten auf je spezifische Weise vorbereitend „gemacht“. Konzeptionell impliziert diese Überlegung, die Schule als eine Organisation zu verstehen, die in eine institutionelle Umwelt – darunter Kultusministerien, Verlage, Architektur, Lehr- und Lernmittelindustrie etc. – eingebettet ist.⁴ Methodisch impliziert sie, dass die Forschung diese Orte aufzusuchen hat, um explizieren zu können, welche Überlegungen, Annahmen oder Normierungen in Lehr- und Lernmaterialien, Raumarchitekturen, Prüfungsorganisationen und vieles weitere eingehen. Wie also sind sie designt worden? Wie sind Lehrkräfte und Schüler/innen mit ihren jeweiligen Verwendungsweisen in diesen Materialien oder Objekten vorgesehen? Welche (Alltags-)Theorien des Unterrichtens und Lernens sind in diese vielfältigen Objekte implementiert? Eine Forschung, die Antworten auf diese Fragen sucht, muss neben dem schulischen Unterricht auch die materielle Herstellung von Lehr- und Lehrmaterialien jenseits des schulischen Geschehens in den Blick nehmen.

Im vorliegenden Aufsatz schließen wir an diese Perspektive an, ergänzen sie aber auch. Am Beispiel der Bildungswirtschaft untersuchen wir die Zirkulation und damit den Austausch von Wissen zwischen Schulen, die neue Lehr- und Lernmaterialien vor ihrer Produktreife erproben, und einem gewerblichen Unternehmen, das diese Güter herstellt. Wir explorieren damit eine trans-epistemische Kooperation zwischen einem Unternehmen, das digitale didaktische Objekte entwickelt, und seinen Pilotschulen, die diese Objekte in ihrem Unterricht erproben. Im Anschluss an Hans-Jörg Rheinbergers praxeologische Phänomenologie von Experimentalkulturen erörtern wir die „techno-epistemische Umgebung“ (Rheinberger 2021, S. 192) einer anwendungsorientierten ökonomisch-pädagogischen Kooperation, die als eine lokal begrenzte Fertigungskultur schon bekannte Dinge – in diesem Fall: den Schulstoff – in einen digitalen Code transformiert, der eine neue Darstellung dieser Inhalte über ihre 3D-Simulation ermöglicht. Wir diskutieren, wie das zu fertigende didaktische Objekt in verschiedenen Aggregatzuständen, etwa als Konzept, als Storyboard oder als Prototyp, zirkuliert – weshalb es sich auch als „Grenzobjekt“ (Star und Griesemer 1989) beschreiben lässt – und wie die Akteur/innen mit ihren Vorstellungen, Erfahrungen und Erwartungen zwischen den Organisationen hin- und hergehen und an seiner Fertigung mitwirken. Dabei übersetzen und plausibilisieren sie ihr Wissen

⁴ All diese Umweltorganisationen der Schule rahmen durch ihre Handlungen, Vorgaben, Produkte und Überlegungen auf je spezifische Weise Schule und Unterricht als ein sozio-materielles Geschehen mit. So lässt sich u.a. beobachten, dass in diesen Kontexten (angewandte) Theorien sowie alltagstheoretische Annahmen über Schule und Unterricht, Lehrkräfte und Schüler/innen zirkulieren.

in einer Weise, dass es für die Gegenseite verständlich und das Objekt konsensfähig wird.

Das Feld der Bildungsökonomie mit seinen Organisationen und Praktiken, Produkten und Rationalitäten, Sprachen und Wissensformen stand bislang nicht im Fokus sozialwissenschaftlicher Schul- und Unterrichtsforschung. Geht man allerdings davon aus, dass es sich bei den Unternehmen der Bildungswirtschaft um ökonomische Akteure handelt, die nicht nur mit zentralen Herausforderungen und Konstellationen ökonomischen Handelns konfrontiert sind, sondern auch in Schule und Politik hineinwirken (Williamson 2016), so ist der Herstellungsprozess didaktischer Objekte nicht losgelöst von diesen Rahmenbedingungen zu verstehen. Daher skizzieren wir nach einer kurzen Bemerkung zu Vorgehen und Wissensbegriff (Abschnitt 2) zunächst die Besonderheiten der Bildungswirtschaft und ihrer Märkte (3). Im ersten Hauptkapitel analysieren wir dann, wie durch die Mitarbeit des Lehrpersonals in einem Softwareunternehmen fachliches, didaktisches und pädagogisches Wissen übersetzt wird und in die Lernsoftware – im Folgenden „Screen“ genannt – einfließt (4). Daran anschließend stellen wir im zweiten Hauptkapitel dar, wie die Entwickler/innen des Unternehmens in der Schule agieren, um neue didaktische Technologien zum Laufen zu bringen und das Marketing für das Produkt zu organisieren (5). Ein Fazit schließt den Beitrag ab (6).

2 Vorgehen und Wissensbegriff

Im Kern geht es in unserem Beitrag um Fragen zur Digitalisierung von – in diesem Fall gymnasialer – Schulbildung. Wir behandeln diese Fragen allerdings nicht aus einer allgemeinen und bildungspolitisch intendierten (Hasselhorn und Cress 2020; kritisch: Kaube 2018), mediendidaktischen (Mulders et al. 2020) oder begleitend-angewandten Perspektive (Bastian und Aufenanger 2017; Kaspar et al. 2020), sondern beobachten den Prozess der (partiellen) Umstellung auf digitale Lehr- und Lernmaterialien am objektorientierten Handeln, Wissen und Erproben ökonomischer und pädagogischer Akteure. Auf diese Weise nehmen wir verschiedene Dimensionen der gewerblichen Fertigung didaktischer Objekte wie auch ihr prototypisches Versuchsstadium in den Blick. Wir untersuchen also Digitalisierung von Unterricht als ein innovatives soziales Geschehen, das durch ökonomische und pädagogische Rationalitäten strukturiert wird.⁵

Das empirische Material, das wir in diesem Aufsatz ausschnittshaft dokumentieren, haben wir im Rahmen mehrwöchiger Feldaufenthalte erhoben, zunächst in einem Softwareunternehmen, dann in zwei Gymnasien, den schon genannten „Pilotschulen“. Unsere ethnografische Forschung (Emerson et al. 1995; Breidenstein et al. 2013) umfasste erstens teilnehmende Beobachtungen im Hinblick auf die Entwicklung der Lernsoftware, ihre Vermarktung und ihre Einführung sowie Verwendung in den kooperierenden Pilotschulen: Wir waren anwesend bei Treffen zwischen Ent-

⁵ Auf die Praxis des Programmierens gehen wir hier nicht näher ein (vgl. hierzu Schmidt 2008; Kalthoff und Maeße 2012). Das gilt ebenso für die mit der „Digitalisierung von Bildung“ verbundenen Fragen zur politischen Governance (vgl. hierzu Williamson 2016).

wickler/innen und Lehrkräften sowie bei firmeninternen Besprechungen, verfolgten Prozesse der Programmierung, begleiteten die Präsentation der Software bei Bildungsmessen, Tagungen und Kongressen und beobachteten den Physik-, Chemie- und Biologieunterricht in den Gymnasien. Den Unterricht begleiteten wir zweitens, wo immer dies möglich war, videographisch und erstellten audio-visuelles Material. Drittens führten wir ethnografische und Leitfadeninterviews mit Unternehmensleitung, Entwickler/innen, Lehrkräften und Schüler/innen durch, die sich auf die Kooperation zwischen Schule und Unternehmen, Stufen der Softwareentwicklung sowie den Einsatz in der Unterrichtspraxis bezogen. Viertens sammelten und untersuchten wir Dokumente des Feldes wie Werbematerial, Screenshots aus der Lernsoftware, Aufgabenblätter im Rahmen des Unterrichts und Storyboards. Die von uns auf diese Weise erzeugten empirischen Daten haben wir mittels der Grounded Theory (Strauss 1998; Emerson et al. 1995) und der Dokumentenanalyse (Prior 2003) analysiert.

In unserer Studie erörtern wir einen bislang kaum beobachteten Fall trans-epistemischer Wissensprozesse, die die Grenzen der jeweiligen Organisation temporär überschreiten und in denen die Spezifika von Wissensformen aufeinandertreffen.⁶ Konzeptionell vertreten wir eine kulturalistische Wissenssoziologie, der zufolge Wissen erstens im propositionalen Sinne vorhanden ist – als Wissen, das den Teilnehmern kognitiv zur Verfügung steht –, und zweitens in impliziter Form existiert – als Wissen, das großenteils inkorporiert ist und als routinisiertes Handeln, Verhalten oder Tun weder weiter erklärbar ist noch meist erklärbar sein muss. Beide Formen verweisen drittens auf ein Wissen, mit dem sich die Teilnehmer/innen auf etwas verstehen, es (professionell) umsetzen und praktizieren. Viertens – und für unseren Fall besonders instruktiv – existiert Wissen in technisch-materieller Form, insofern es in technische Objekte eingeschrieben ist: Hier handelt es sich um materialisiertes Wissen oder „materialisierte Theorie“ (Bachelard 1988, S. 18). Mit diesen Überlegungen zum Wissensbegriff, die wir hier nur andeuten können, nehmen wir drei Dimensionen – Kognition, Somatisierung und Materialität – in den Blick und schließen damit an verschiedene Traditionen der Wissens-, Kultur- und Techniksoziologie an (siehe u.a. Berger und Luckmann 1980; Schatzki et al. 2001; Rammert und Schubert 2006; Kalthoff 2019).

Empirisch lassen sich diese Wissensformen in den situierten praktischen und körperlichen Vollzügen und damit in Aktivitäten des Aktualisierens, des Vergessens sowie im Hantieren mit, dem Gebrauch und dem Funktionieren von Objekten beobachten. In Bezug auf die Rolle von Objekten geht es dabei um eine Sozialität und Praxis mit Dingen (Knorr Cetina 1997, 2001) – eine Perspektive, die auch die Formatierung der Praxis durch Objekte einschließt. Der im Folgenden gebrauchte Wissensbegriff stellt somit nicht nur auf die sprachlich-kommunikative Repräsentation sozio-individueller Bewusstseins ab, sondern bezieht auch die für den Vollzug

⁶ Die hier beschriebene Fertigungskultur basiert damit auf drei Bedingungen: Der (epistemische) Gegenstand überschneidet sich und ist damit in beiden Feldern präsent; das Unternehmens- und Lehrpersonal zirkuliert zwischen den Organisationen und sorgt für einen personengebundenen Austausch der professionellen Expertise; didaktisch-pädagogisches und techno-ökonomisches Wissen zirkuliert mündlich-schriftlich zwischen den Organisationen, d.h. es wird – zumindest zu einem gewissen Grad – geteilt und damit zu einem Kollektivgut (Rheinberger 2021, S. 185).

von Wissenspraktiken relevanten menschlichen Körper und Objekte, Medien und Darstellungen konzeptionell mit ein. Aus diesen hier nur angedeuteten Überlegungen folgt, dass Wissen nicht einfach „gehabt“ werden kann, sondern Bestandteil einer sozialen Praxis ist, die unter anderem durch Vorstellungen und Alltagstheorien, Objekte und andere materielle Entitäten gerahmt wird.

3 Die Bildungswirtschaft und ihre Märkte

Als Akteure des Bildungsmarktes sind Bildungsunternehmen – hierzu zählen wir Verlage und gewerbliche Unternehmen der Lehr- und Lernmittelindustrie – mit zwei Herausforderungen konfrontiert: mit der technischen Machbarkeit des Produkts einerseits, mit seiner Durchsetzung am Markt andererseits. Wir beginnen mit dem letztgenannten Punkt.

Für die Bildungswirtschaft ist die Durchsetzung eines Produkts auf dem Markt für Bildungsgüter deshalb brisant, weil es sich hier um einen wesentlich staatlich bedingten Markt handelt. Von privaten Schulen einmal abgesehen üben lokale Administrationen, Länderministerien und andere staatliche Einheiten als Träger öffentlich-rechtlicher Schulen einen zentralen Einfluss auf den Markt aus und entscheiden mit über Wohl und Wehe der angebotenen Produkte. Damit sind die ökonomischen Gesetze eines neoklassischen Marktes, in dem Angebot und Nachfrage, Kooperation und Wettbewerb das ökonomische Geschehen bestimmen, tendenziell außer Kraft gesetzt. Stattdessen wird die Marktentwicklung maßgeblich definiert durch starke staatliche Akteure, denen zwar kein Monopol, aber eine ausschlaggebende Markt- und Entscheidungsmacht zufällt.⁷ Sie befinden nicht nur über die flächendeckende Anschaffung von Bildungsgütern – wie etwa die von interaktiven Whiteboards –, sondern legen durch ihre curricularen Pläne auch die Kaufentscheidungen von Schüler/innen resp. ihrer Familien relativ weitgehend fest – etwa bei der Anschaffung von Schulbüchern.

Ungewissheit als zentrales Merkmal ökonomischen Handelns (siehe nur Beckert 1996) ist auf diesem Markt somit in spezifischer Weise figuriert. Unternehmen beispielsweise der Konsumgüterindustrie fehlt es in der Regel auch nach intensiver Marktforschung an sicherem Wissen, ob sich ihre Produkte durchsetzen und wer ihre Abnehmer/innen sein werden. Bildungsunternehmen hingegen sind ihre Abnehmer/innen potenziell bekannt. Sie sind darauf angewiesen, die Absatzchancen ihrer Produkte durch die Beobachtung staatlicher (Kultus-)Administrationen und der dort getroffenen bildungspolitischen Entscheidungen abzuschätzen und ihre Beziehungen in dieses Feld hinein zu pflegen. Das von uns beobachtete Unternehmen reagierte auf diese Rahmung des Marktes in dreierlei Hinsicht. Erstens führte es eine Reihe

⁷ Die Wirtschaftssoziologie hat diese besondere Marktkonstellation bislang nicht eingehender thematisiert. Allgemein lässt sich sagen, dass der Markt für Bildungsgüter deshalb ein schwieriger Markt ist, weil sich hier Innovationen nur langsam durchsetzen. Dies liegt u.a. an knappen öffentlichen Finanzmitteln und an zeitintensiven administrativen Entscheidungsprozessen (Foray und Raffo 2014). Zur wirtschafts- resp. finanzsoziologischen Konzeptualisierung des Marktes mit ihrem Fokus auf Preisbildungen, Netzwerkstrukturen sowie organisatorische und technische Koordinationen siehe etwa Beckert (1997), Swedberg (2003), Callon (1998).

von Marketingveranstaltungen, Weiterbildungen und Tagungen durch, die an Entscheidungsträger/innen, potenzielle „early adopters“ (Rogers 2003, S. 283 ff.) und Interessierte aus dem Feld der Bildung gerichtet waren. Dazu präsentierte es seine Produkte auf Bildungsmessen, wodurch das Unternehmen weitere Firmen und eine Stiftung für sich interessieren konnte. Diese Überzeugungsarbeit fand im Narrativ der Modernisierung statt: Der Erwerb und Gebrauch eines digitalisierten Mediums – in diesem Fall einer 3D-Lernsoftware – sei ein probates Mittel, die Schule sowohl technologisch als auch didaktisch zukunftsfähig zu machen. Damit formulierte das Unternehmen das Versprechen einer schulischen Zukunft, in der digitalisierte Medien avancierte Formen des Lehrens und Lernens ermöglichen, die mit analogen Medien unerreichbar seien.⁸ Auf der Basis einer grundsätzlichen Kritik des gegenwärtigen Schulunterrichts wurden Entwicklung und Erprobung von einer diskursiven Praxis begleitet, die dreierlei beanspruchte: eine modern ausgestattete Schule zu schaffen (Kritik analoger Lernmedien), eine stimulierende Lernumgebung für Schüler/innen zu garantieren (Kritik schulischen Unterrichts) sowie ein modernisiertes Konzept der Wissensvermittlung zu implementieren, das den Herausforderungen gegenwärtiger (Wissens-)Gesellschaften entspricht und eine verstärkte Partizipation der Schüler/innen vorsieht (Kritik hierarchischer Lehr- und Lernverhältnisse). Ziel dieser diskursiven Praxis war es, die schulischen wie administrativen Akteure von der Funktionalität, Wirksamkeit und Innovationskraft ihres didaktischen Objekts zu überzeugen.

Diese Darstellung verband das Unternehmen zweitens mit einer Umstellung seiner Strategie. Zunächst hatte es eine Top-Down-Strategie geplant, die darauf abzielte, die Kultusbürokratie eines Bundeslandes von einer massenhaften Ausstattung der Schulen des Landes mit seinem Produkt zu überzeugen und hierüber dessen Absatz zu sichern. Als sich ein Mislingen dieses Vorhabens abzeichnete, folgte die Kehrtwende zu einem Bottom-up-Ansatz. Man gewann einzelne lokale Schulen, die ihrerseits auf der Suche nach Kooperationspartnern waren und sich bereit erklärten, als Pilotschulen für die Erprobung der Lernsoftware zu fungieren und die praktischen Unterrichtserfahrungen in deren Herstellung und Überarbeitung einzuspeisen.⁹ Die Rolle der Pilotschulen bestand dabei in der Initiierung neuer Lernmodule, in der Überarbeitung von Entwicklungsentwürfen sowie in der prüfenden Anwendung im praktischen Unterrichtsgeschehen. Auf diese Weise gelang dem Unternehmen nicht nur die Rekrutierung weiterer Akteure, sondern es sicherte sich auch den Zugriff auf fachlich-didaktische Kompetenz, die es für die Entwicklung seiner Produkte benötigte.

Drittens folgte das Unternehmen einer Strategie der wissenschaftlichen Validierung. So kam eine eigens eingeworbene psychologische Expertise zu dem Schluss,

⁸ Möglich werden soll dies durch zwei miteinander verbundene Vollzüge: Umgang mit der 3D-Lernsoftware und Immersion in einen digitalen Raum, der sich den Usern durch ihr Handeln darbietet. Die Imagination über die Nutzung des neuen Produkts greift auf eine Zukunft vor, die sie gestalten will (Beckert 2016).

⁹ Diese lokale Kooperation beruht also nicht auf einseitigen Bemühungen des Unternehmens, sondern kann als wechselseitige Findung oder Passung verstanden werden.

dass die Lernsoftware eine erhebliche Lernunterstützung für die Schüler/innen bieten könne. Hiervon berichtet ein Entwickler aus dem Unternehmen:

Wir haben hier dann eigene Studien mit aufgesetzt [...]. Was dort erstaunlich ist, [...] dass beim Einsatz [der Lernsoftware] das kognitive Wahrnehmungsverhalten ungewöhnlich stark angesprochen wird und unterstützt wird. Und die Vermutung ist, dass die Kombination, also aus räumlichem Sehen und selber tun, dass das ursächlich dazu beiträgt, dass, ja, ich sag's einfach mal, dass der Lernstoff besser verankert wird. (I1)

Hier konnte also ein weiterer Akteur für die Unternehmensziele mobilisiert werden, mit dessen wissenschaftlicher Expertise und Autorität etwaigen Zweifeln am pädagogisch-didaktischen Sinn des Produkts begegnet werden sollte.¹⁰ Über die Zuschreibung spezifischer Eigenschaften sollte so wissenschaftliches symbolisches Kapital (Bourdieu 1993) auf das didaktische Objekt übertragen und dieses somit in eine zertifizierte Entität verwandelt werden.

Bis hierin ist erkennbar geworden, dass das Unternehmen insgesamt dem transorganisatorischen Modell einer „extended organization“ folgte, ohne dabei die Kontrolle über die Produktentwicklung ganz aus den Händen zu geben. Aber die Grenzen des Unternehmens enden nicht an den eigenen Werkstoren, sondern dehnen sich, wie wir im Folgenden genauer zeigen werden, in andere Bereiche aus – was insbesondere die von uns untersuchten Pilotschulen betraf. Auf die Herausforderung der technischen Anpassung des Produkts an Nutzererwartungen und Bedienbarkeit reagierte das Unternehmen mit einem Entwicklungsprozess, der einerseits die späteren Nutzer/innen ins Zentrum rückte und sich somit an der Idee eines „user-centered design“ (Shove et al. 2007) orientierte. Die Einbindung der Lehrkräfte und Schüler erfolgte andererseits durch ein „participatory design“ (Spinuzzi 2005), indem eine „community of practice“ (Wenger 1999) zusammengestellt wurde, in der Entwickler/innen und Nutzer/innen miteinander kooperierten. Informatiker/innen, Lehrkräfte und auch Schüler/innen erhielten den Auftrag, gemeinsam ein innovatives Lernmodul für eine Lernsoftware zu schaffen, das fachlich-didaktisch ausgefeilt ist, immersive Darstellungsräume schafft und zugleich stabil laufende Funktionalität aufweist.¹¹ Diese Strategie erwies sich insgesamt als erfolgreich: Nachdem es zunächst zu strategischen Umstellungen gezwungen war, gelang es dem Unternehmen, sukzessive und auf verschiedenen Ebenen ein Netzwerk heterogener Akteure zu etablieren, in das sich die Entwicklung und Erprobung der Lernsoftware einbetten ließ. Besondere Bedeutung kam dabei der Praxis einer kollektiven Verständigung zwischen Technik und Schule – kurz: zwischen informationstechnischem Code und didaktischem Fachwissen – im Rahmen der unternehmerischen Produktentwicklung zu. Als un-

¹⁰ Auch die Anwesenheit der beobachtenden Soziolog/innen wurde in Marketingsituationen mitunter als ein physischer Beleg für die Wissenschaftlichkeit dieser Lernsoftware (um-)gedeutet.

¹¹ Die Relevanz des Objektdesigns für Bildungsprozesse besteht vor allem in der Kommunikativität der Objekte (Zirfas und Klepacki 2013) sowie darin, Gebrauchsweisen zu erkennen, zu transformieren und gegebenenfalls neu zu projektieren (Jörissen 2015). Was den Einbezug von Schüler/innen anbelangt, so halten wir fest, dass es sich in unserem Fall um einige wenige männliche Schüler handelte, die sich für eine beteiligte Lehrkraft als besonders technisch interessiert und begabt zeigten. Für diese Schüler ergaben sich in Einzelfällen berufliche Perspektiven im kooperierenden Unternehmen.

Abb. 1 Zirkulation von Wissen

ternehmerische Gegenleistung begleiteten Informatiker/innen die Einübung neuer Technologien im schulischen Geschehen, insbesondere der VR-Brille. Dieser Prozess lässt sich grafisch darstellen (siehe Abb. 1).

Bei der Entwicklung und Erprobung des hier interessierenden Objektes wurden die Teilnehmer/innen somit in den jeweils anderen Praxiskontext eingebunden: einerseits Lehrkräfte und Schüler/innen als schulische Akteure in die Abläufe des Unternehmens, andererseits Firmenmitarbeiter/innen – vor allem Informatiker/innen – in die schulische Praxis des Unterrichtens. Dieser zeit-räumliche Wechsel von Personen in die jeweils andere Organisation steht für ein Verfügbarmachen von Wissen, Erkenntnissen und Routinen für die jeweils andere Seite. Das Unternehmen bringt sein technisches, ökonomisches und Anwendungswissen in den Prozess ein und übersetzt diese Wissensformen für die Lehrkräfte. Umgekehrt teilen Lehrkräfte und Schüler ihrerseits ihr fachliches, didaktisches und Erprobungswissen mit den Entwickler/innen und der Unternehmensleitung. In diesem Sinne konstituiert sich die neue Lernsoftware als ein „epistemisches Ding“ (Rheinberger 2001) und die beschriebene Praxis als ein trans-epistemisches Projekt.

4 Das Lehrpersonal im Unternehmen

Die Entwicklung der Lernsoftware ging auf die lokale Ansässigkeit der beteiligten Akteure zurück.¹² Bedingt durch lokale Netzwerke kooperierte das Softwareunternehmen mit zwei Schulen, denen es den Status von Pilotschulen zuwies. Neben

¹² Bei der Software handelt es sich um eine virtuelle Lernumgebung, die über 3D-fähige Bildschirme ausgegeben wird. Kern der Software sind die stereoskopische Darstellung von Unterrichtsinhalten und die Möglichkeit des Umgangs mit diesen Darstellungen mithilfe eines Wii-Controllers. Module für den Screen sind insbesondere auf naturwissenschaftliche Unterrichtsinhalte ausgerichtet; Themen sind u. a. Aufbau und Funktionsweise des Innenohrs und Teilchen in elektromagnetischen Feldern.

einigen wenigen Schüler/innen waren es dabei die Lehrkräfte, die das Unternehmen bei der Entwicklung des digitalen didaktischen Objekts berieten: Bei regelmäßigen Treffen in den Räumlichkeiten der Firma brachten sie Ideen für neue Module auf der Basis ihres Fachwissens und ihrer Unterrichtserfahrung ein und diskutierten mit den Entwickler/innen Möglichkeiten und Grenzen der Umsetzung. Diese „Lehrkräfte-als-Entwickler/innen“ sorgten außerdem dafür, dass die schulischen Erfahrungen mit der Software – was sie kann und was nicht, wie sie einsetzbar ist und wie nicht, ob sie technisch gut funktioniert oder nicht etc. – direkt mündlich oder schriftlich an die Entwickler/innen weitergegeben wurden und auf diese Weise die Überarbeitung der Software initiiert wurde. Für seine Technikentwicklung versammelte das Unternehmen also ortsansässige Lehrkräfte, nutzte ihre pädagogisch-didaktische Kompetenz sowie ihr Erfahrungs- und Erprobungswissen und wies ihnen die Funktion von Intermediären zu, die zwischen Bildung und Ökonomie übersetzten. Eine beteiligte Lehrkraft rekapituliert die Zusammenarbeit wie folgt:¹³

[D]ie waren hier ortsansässig, und der Herr S. ((CEO des Unternehmens)) kommt auch von hier. Wir haben uns als eine der ersten Schulen so auf den Weg gemacht, einfach Partner zu finden und Kooperationen zu stricken, und zwar nicht so: „Hey, wollt ihr uns sponsern“, sondern wirklich festgeschriebene Verträge. [...] Wir waren hier sehr innovativ damals und gesagt, ja, wir sind offen für ganz viele neue Sachen, und dann hatten wir noch eine Stiftung im Hintergrund, und der damalige Vorstand, der hat so vermittelt auch und dann gesucht und gefunden. [...] Dann ging es halt los, man überlegt sich, was kann man programmieren? Was kann man machen? Wir haben gesagt: Also für uns, wir wollen nur was, wo wir mit dem 3D auch einen MEHRWERT haben. Weil so ein Modul kostet viel Geld, und dann haben wir überlegt, was gibt es jetzt aus dem Schulalltag, wo man die Visualisierung bräuchte? Und dann mithilfe von Internet und Lehrbüchern einfach, ja, das und das muss es können, die haben dann halt versucht, ein Storyboard zu schreiben, wir haben das Storyboard gegengelesen. Dann haben sie es versucht zu programmieren, und wir haben es durchgesehen, zurückgemeldet, und so wars ein Ping-Pong-Spiel. [...] da haben wir auch eine ganz falsche Vorstellung, wenn wir sagen: Ja, man kann das und das und ja, machen wir das und das noch. Wohingegen die Programmierer sagen: „Eh, das schaffen wir nicht, wir haben keine Daten, keine Ahnung, wie wir das hinkriegen sollen“, und so hat sich das halt eingependelt. (I2)

Die Lehrkraft stellt hier in zusammenfassenden Worten das Zustandekommen und die Ausgestaltung der Kooperation zwischen Softwareunternehmen und Schule dar. Bezogen auf die oben dargestellte Reziprozität des Findungsprozesses wird erkennbar, dass auch die Schule und ihr Umfeld am Zustandekommen dieser Kooperation aktiv beteiligt war: Ihr gelang es, Kontakt zu einem lokal ansässigen Unternehmen zu etablieren und die entstehende Kooperation zu kodifizieren. Kern dieser Zusammenarbeit war die gemeinsame Erstellung von Lernmodulen, bei der die Lehrkräfte eine wichtige Rolle spielten. Sie brachten ihre Expertise schon zu

¹³ Transkriptionszeichen: E: Entwickler; I: Interviewer; [...]: Auslassungen in der Transkription; (...): unverständlich; (()): Kommentar der Transkribierenden; SCREEN: laute Aussprache.

Beginn in den Prozess ein, indem sie überlegten, für welche Unterrichtsinhalte eine stereoskopische Visualisierung wünschenswert und brauchbar wäre, und stießen so die Entwicklung neuer Module an. Sie brachten sich aber auch im weiteren Verlauf des Entwicklungsprozesses ein, formulierten Anforderungen und Kriterien an ein jeweiliges Modul und prüften die von den Entwickler/innen erstellten Entwürfe der späteren Bildschirmansichten, die einen wichtigen Zwischenschritt bei der Realisierung der jeweiligen Module darstellten. Der Interviewausschnitt lässt dabei erkennen, dass Lehrkräfte auch in persönlicher Hinsicht von der Überschreitung der Organisationsgrenzen profitierten: Die Mitarbeit bei der Entwicklung und Vermarktung sowie die Teilnahme an Bildungsmessen und Vorträgen markierten besondere Unterbrechungen ihrer schulischen Alltagsroutine und stärkten ihr Selbstverständnis, Teil einer „innovativen“ Schule zu sein.

Weiter wird in dem Interviewausschnitt deutlich, wie die Vorstellungen der Lehrkräfte in Auseinandersetzung mit dem Pragmatismus und dem technischen Wissen der Entwickler/innen modifiziert wurden. In dieser reziproken Identifizierung stand das fachlich-didaktische Wissen für eine Unterrichtsvision, das technische Wissen hingegen für deren *Revision* im Sinne der Anpassung an die vorhandenen technischen Möglichkeiten und die finanziellen Ressourcen der Kooperation. Im Narrativ der „Erfahrung“ wurden hierbei immer wieder der „Sinn für das Machbare“ und damit der Realismus des technischen Wissens herausgestellt. Nicht nur mit Verweis auf das technische Medium selbst, in dem sich die fachlich-didaktischen Vorstellungen realisieren lassen mussten, sondern auch auf den pragmatischen Rahmen – sprich: die finanziellen, zeitlichen und personellen Ressourcen –, markierten die Entwickler/innen an gewissen Punkten des Prozesses unverhandelbare Grenzen der Umsetzbarkeit. Kurzum: Die fachlich-didaktischen Visionen der Lehrkräfte stießen sich am technischen und ökonomischen Wissen der Entwickler/innen, deren Funktion es war, im Rahmen der lokal verfügbaren Ressourcen die Realisierbarkeit bzw. die Machbarkeit zu gewährleisten. Auf diese Weise wurden zugleich Differenzen zwischen den Wissensbeständen und Wissenskontexten markiert und in Erinnerung gerufen. In den Worten eines Entwicklers stellte sich der Entwicklungsprozess demnach so dar:

E: [A]lso die Lehrer wissen ja auf jeden Fall mal, was sie irgendwie im Rahmen von ihrem Unterricht machen müssen, so an Themen. Und dann kann man sich ja raussuchen, was man da irgendwie dreidimensional, was da irgendwie Mehrwert hätte, [...] also die schauen, okay, welche Themenbereiche können wir nehmen und machen die auch Sinn für den Screen, und dann setzt man sich halt zusammen. [...] Wir müssen dann natürlich überlegen, okay, wie ist das umsetzbar, technisch, und wie ist es auch sinnhaftig, ne. [...] [D]ie lassen sich dann irgendwas einfallen, ne, und dann sitzt man wieder da und denkt, okay, ja ((lacht)). [...] Und dann kann man da, kann man sich halt überlegen, macht das Sinn, macht das keinen Sinn, würde das den Kostenrahmen mordsmäßig sprengen oder nicht, ne? Also, wir begründen dann auch, warum es nicht funktioniert, aus unserer Sicht. [...] Und dann kommen die zum nächsten Treffen wieder mit 'nem Storyboard. [...]

I: Das heißt, ihr fangt mit dem Programmieren dann noch nicht an?

E: Noch nicht, nein, nein, erst wenn das Storyboard komplett steht, dann fangen wir da an. In der Regel arbeiten wir zu dritt dran, und die zwei Kollegen kümmern sich ums Modellieren. Also, in der Regel gibt's dann zur Verfügung gestellte Inhalte dann irgendwie von den Lehrern, wo die dann sagen, okay, das passt hier zum Thema, irgendwie aus Schulbüchern rauskopiert oder solche Geschichten. [...] Ich bau's dann quasi zusammen. Also ich sage dann, okay, uns fehlt noch das, uns fehlt noch das. [...] Und dann haben wir einen Prototyp. [...] [N]achdem wir das aus dem Storyboard, so wie wir es verstanden haben, wie es da drinsteht, umgesetzt haben, ähm, zeigen wir es den Lehrern noch mal, klar. Die gehen das dann noch mal durch, finden Fehler, und dann beheben wir die natürlich auch. (I1)

Am Anfang stand, so der Entwickler, eine Selektion von Unterrichtsgegenständen, deren dreidimensionale Darstellung „Sinn“ ergibt. Diese Auswahl, die durch Lehrkräfte im Medium eines fachlich-didaktischen Sinns erfolgte, stieß in den Beratungen auf den technischen, aber auch den ökonomischen Sinn der Entwickler/innen. Diese Formen des Sinns verweisen auf jeweils andere Horizonte und stehen damit für einen potenziellen Dissens über die zu entwickelnde Moduleinheit. Diese wird zu einem Wissensobjekt, mit dem an der Frage gearbeitet wird, *was* fachlich-inhaltlich dargestellt wird, *wie* es in der technischen Umsetzung dargestellt werden kann und wie sich dies hinsichtlich der Kosten und zu erwartenden Erträge ökonomisch realisieren lässt. Zwar versammelt der pädagogisch-ökonomische Zweck der Kooperation die Beteiligten um dieses Wissensobjekt, jedoch artikulieren die unterschiedlichen Akteure jeweils andere Aspekte, andere Wissensformen und Ziele – und arbeiten daher zunächst daran, auf „einen Nenner“ zu kommen. Die didaktische Vision bzw. das didaktisch Wünschenswerte einerseits und das technisch Machbare sowie ökonomisch Sinnvolle andererseits werden kontinuierlich mit- und gegeneinander verhandelt.

Der Auszug macht auch deutlich, dass die Verständigung nicht ohne ein Medium der Vermittlung auskommt: das sogenannte Storyboard. Storyboards stellen erste Entwürfe dessen dar, was in fachlicher Hinsicht auf den Bildschirmen zu sehen sein soll. Hierzu nutzen Lehrkräfte unter anderem Unterrichtsmaterialien, die sie den Entwickler/innen zur Verfügung stellen. Für die IT-Fachleute zerlegt das Storyboard didaktische Inhalte in „Lernziel“, „Ansichten“, „Interaktionen“, „Instruktionen“ und „Aufgaben/Lösungen“. Es formuliert damit Antworten auf die Frage nach dem konkreten „Stoff“, dem *Wie* seiner Darstellung, dem *Was* der Nutzeraktivität, dem *Worum* des unterrichtlichen Gegenstands sowie mögliche Übungen und Lösungen. Mit dieser Liste vollziehen Lehrkräfte eine Auftrennung komplexer fachlicher Inhalte in klar voneinander getrennte Einheiten und Schritte. In einem zirkulären Prozess werden die Storyboards dann so lange modifiziert, bis schließlich ein Prototyp erstellt werden kann. In diesem Zusammenhang reflektiert ein Entwickler seine Rolle so:

I: Müsst ihr ((bei der Entwicklung der Module)) ein bisschen zum Lehrer werden, eigentlich? Also, denkt ihr euch in diese Rolle des Lehrers rein?

E: Ja, müssen wir auch. Also manchmal müssen wir's, ja. Damit wir verstehen, was man von uns will. Also, [...] was das Modul nachher schaffen soll, dafür muss man ein bisschen Lehrer sein, glaube ich. Also muss man dann auch mal die Perspektive wechseln. (I1)

Die Perspektive zu wechseln bedeutet hier, zu verstehen, wie das Modul durch das, was es in einer je bestimmten Art und Weise zeigt, im Schulunterricht verwendet werden kann; es bedeutet auch, den Fachinhalt zumindest partiell verstanden zu haben, um das, was die Schüler/innen den Darstellungen im Modul entnehmen sollen, auch entsprechend zu programmieren. Hierfür gibt das Storyboard keine detaillierten Regeln vor, sondern ist auf den Mitvollzug bzw. die Mitvergegenwärtigung durch die Entwickler/innen angewiesen.

Der „Zusammenbau“ des Lernmoduls erfolgte dann im Rahmen des Programmcodes, der im Unternehmen entwickelt wurde und dort verfügbar war. Auffällig ist hier der Wechsel von der Sozialität von Entwickler/innen und Lehrkräften hin zur solitären Arbeit am und mit dem Programm. An ihren Rechnern arbeitend, setzten die Entwickler/innen das ausgehandelte Storyboard Schritt für Schritt um und besprachen Ergebnisse oder Probleme mit dem CEO bzw. mit ihren Kolleg/innen. Im Fall der Lernsoftware ging es somit um die digitale Umsetzung kleinschrittiger Drehbücher – eben der Storyboards –, für die dann nur noch eine partielle soziale Verständigung mit anderen Akteuren notwendig war. Ein wichtiger Aspekt war dabei, dass das Modul ausreichende Möglichkeiten der Verwendung oder der „Manipulation“ (Mead 1938, S. 24) bieten sollte: Schüler/innen sollten unter anderem klicken sowie Veränderungen und Wirkungen sehen können. Der Prototyp wurde dann wiederum von den beteiligten Lehrkräften gesichtet und erprobt, fachliche Fehler oder Unklarheiten des Storyboards wurden benannt und korrigiert.

Dabei orientierte sich die Evaluation durch die Lehrkräfte nicht nur an Kriterien wie einer angemessenen Darstellung der Lerninhalte, sondern auch am Kriterium des „Mehrwerts“: Sie prüften, inwieweit die dreidimensionale und handlungsauffordernde Darstellung eines Unterrichtsinhalts einen spürbaren Vorteil gegenüber herkömmlichen zweidimensionalen Darstellungen etwa im Buch oder auf einer CD-ROM brachte. Dieser Punkt ist für die Lehrkräfte von entscheidender Bedeutung, wie eine von ihnen im bereits zitierten Interview angibt: Angesichts der hohen Entwicklungskosten wie auch des zeitlichen und persönlichen Engagements werde ein zu entwickelndes Modul daran gemessen, inwieweit es – über eine bloße Ausweitung von Repräsentationsmöglichkeiten hinaus – tatsächliche Zugewinne im Hinblick auf die unterrichtliche Vermittlungspraxis erwarten lasse. Somit ergibt sich ein klar skizzierbarer Entwicklungsverlauf (siehe Abb. 2; die zweiseitigen Pfeile deuten an, dass es sich nicht um einen linearen, sondern um einen rekursiven Prozess handelt). Wie die Darstellung zeigt, beruhte die Produktentwicklung maßgeblich auf der Zurverfügungstellung des Fachwissens und der Unterrichtserfahrung der beteiligten Lehrkräfte.

Im Rahmen eines bilateralen Austauschs trafen hier also Mitglieder zweier unterschiedlicher Fachkulturen zusammen: Auf der einen Seite die Lehrkräfte, die ihre

Abb. 2 Stationen des Entwicklungsprozesses

Fachkenntnisse, ihr Wissen um die schulischen Curricula und ihre Unterrichtserfahrungen mit in den Prozess einbrachten und die Entwicklung neuer Module anstießen, sowie auf der anderen Seite die Entwickler/innen, die diese Ideen umsetzten, Inhalte in eine Programmiersprache bzw. einen Code übersetzten und die entsprechenden Lernumgebungen durch die Erstellung von Grafiken und Modellen, Animationen, Audio-Effekten und Texten modellierten. Die „Lehrkräfte-als-Entwickler/innen“ wurden auf diese Weise temporär Teil des Unternehmens, ohne formal Mitglied der Organisation zu sein. Zu dieser Arbeitsteilung gehörte umgekehrt, dass die technischen Aspekte der Erstellung, die Entscheidung über den Prozess der Gestaltung, über die Verwendung von Codes und Programmiersprachen, aber auch die Materialien und technischen Infrastrukturen beim Unternehmen blieben – wobei der Ausschluss der Lehrkräfte auch durch die Undurchdringlichkeit des Computercodes (Edwards 2015) gewährleistet wurde.

Über die Kooperation von Lehrkräften und Entwickler/innen kam es auf diese Weise zu einer engen Verflechtung zwischen der Schule und einem ökonomischen Akteur, im Rahmen derer beide Parteien ihre jeweilige Expertise für die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien einbrachten, sich gegenseitig informierten und ihre Perspektiven wechselseitig korrigierten. Die Schulen der beteiligten Lehrkräfte wurden im Zuge dieses Prozesses zu Projektschulen, die die neuen Module anwendeten, zugleich aber auch privilegierten Zugang zu den neuesten Modulen erhielten, an deren Entwicklung sie selbst nicht mitgewirkt hatten. Für die Lehrkräfte ergab sich durch ihre Mitwirkung die Möglichkeit, eine Lernsoftware initiieren und mitgestalten zu können, die passgenau auf die Bedürfnisse ihres Unterrichts zugeschnitten ist, während das Unternehmen auf der anderen Seite ein marktfähiges Produkt entwickelte, dessen inhaltliche Relevanz durch die Lehrkräfte verbürgt und dessen künftige Verwendung im Unterricht dadurch wenn nicht garantiert, so doch wahrscheinlich ist – und das somit nicht zuletzt auch an weitere Schulen verkauft werden kann.¹⁴

¹⁴ In diesen Aushandlungen wird die sensorische Reduktion dethematisiert, die mit der Einführung digitaler Medien einhergeht, die ihrerseits das Lernen von Schüler/innen auf Anschauung und damit auf den Sehsinn sowie ihre Aktivität auf Bedienstatus reduzieren. Bezeichnenderweise ist die Adressierung anderer Sinne eher in analogen Medien implementiert, weshalb die Lehrkräfte auch nicht auf sie verzichten, sondern versuchen, analoge und digitale Medien zu kombinieren. Damit beugen sie einer Dominanz digitaler Objekte vor (Kalthoff und Cress 2019).

5 Das Unternehmenspersonal in der Schule

Das Unternehmen war seinerseits auf zweifache Weise in der schulischen Organisation präsent: Erstens war es materiell zugegen, und zwar in Form der entwickelten Screen-Technologie und der ihr innewohnenden Überlegungen, etwa mit Blick auf den Ablauf des Schulunterrichts und das Verhalten von Lehrkräften und Schüler/innen; zweitens war es immer wieder personell durch Unternehmensmitarbeiter/innen im Unterricht sichtbar vertreten. Was die Darstellungstechnologie des Screen angeht, so wurde dieser oft in solchen Unterrichtsstunden genutzt, die vorbereitenden oder wiederholenden Charakter hatten. Sie wurde dann etwa als eine Station im Rahmen von Lernzirkeln eingebunden, bei denen parallel auch Experimente durchgeführt oder Aufgaben aus dem Lehrbuch und zur Internetrecherche bearbeitet wurden. So lernten die Schüler/innen etwa die Bewegung geladener Teilchen zunächst über einen physischen Versuchsaufbau kennen, um dann das Bewegungsverhalten der Teilchen in einer interaktiven Simulation spielerisch auszuprobieren, oder sie bauten am Bildschirm ein Atom zusammen, dessen Zusammensetzung sie zuvor im Buch studiert hatten (siehe Kalthoff und Cress 2019). Die virtuelle Darstellung ergänzte in diesen Fällen andere Repräsentationsformen und machte ein jeweiliges Phänomen über dessen stereoskopische Darstellung und durch die Möglichkeit der interaktiven Handhabung noch einmal in einer neuen Weise zugänglich. Eine solche Einbindung des Screens war also in erster Linie als eine ergänzende Veranschaulichung gedacht. Klausurfragen dazu wurden zwar nicht gestellt, im lehrer/innenzentrierten Unterricht wurde aber durchaus Bezug auf diese Darstellungen genommen. Zusätzlich zu dieser Verwendungsweise hatten Schüler/innen die Möglichkeit, eigene Inhalte hochzuladen und die dreidimensionalen Darstellungen im Rahmen von Referaten zu nutzen. Sie konnten aber auch außerhalb des Unterrichts am Screen arbeiten und sich Unterrichtsinhalte selbständig erarbeiten bzw. nacharbeiten.

Insbesondere diejenigen Module, an deren Entwicklung die Lehrkräfte mitwirkten, etablierten sich im Lauf der Zeit als fester Bestandteil des schulischen Unterrichts dieser Lehrkräfte. Dazu gehörten etwa die Module zum Atombau, zum Aufbau des Innenohres oder zum Blutkreislauf, die regelmäßig in den Unterricht eingebaut wurden und ihren festen Platz im Repertoire der Unterrichtsmedien erhielten. Hin und wieder aber kam es vor, dass Lehrkräfte oder Schüler/innen bei der Verwendung dieser Module auf Fehler stießen. Dies belegt ein Auszug aus einem unserer Beobachtungsprotokolle:

Die Vierergruppe ist gerade mit dem Atombau-Modul beschäftigt, als ein Schüler aus der Gruppe die Lehrkraft herbeiruft. Er hatte einen Fehler in der Darstellung eines Kohlenstoffatoms bemerkt, das offenbar nicht über die korrekte Anzahl an Teilchen verfügt. Die Lehrkraft schaut sich die Darstellung kurz an und erwidert: „Wenn Ihr sowas habt, könnt Ihr ruhig aufschreiben, wenn Ihr irgendwie Fehler entdeckt, weil das ist, müssen wir zurückmelden.“ (BP1)

Deutlich wird hier, dass die Entwicklung der Module mit ihrer Auslieferung und Anwendung in der Schule keineswegs abgeschlossen ist. Vielmehr lässt sich jede Auseinandersetzung mit einem Modul im Unterricht als ein Testlauf begreifen:

Solange nichts an die Firma zurückgemeldet wird, geht man dort davon aus, dass alles in Ordnung ist. Neben einem solchen eher zufälligen Aufmerksamwerden auf Fehler gibt es aber auch ein stärker planmäßiges Verfahren der Fehlersuche, in das ebenfalls Schüler/innen eingebunden werden. Ein Entwickler berichtet:

E: Also, ehm, ist uns auch im Nachhinein aufgefallen, dass es immer mal wieder Module bei uns gab, die nicht vollständig didaktisch durchgedacht sind. Also entweder haben da zu wenig Leute draufgeschaut oder das wurde halt nicht akribisch genug gemacht, dass es da immer noch kleine Fehler gibt, ne, auch in den Modulen, die es bisher gibt.

I: Mhm. Habt ihr die didaktischen Fehler also ohne Hilfe der Lehrer sozusagen selber ausfindig gemacht, oder wie lief das?

E: Oder mithilfe anderer Lehrer, das ist immer ganz interessant. Also zum Beispiel das Gymnasium X hat ja, die haben ja da ihre Gruppen, ihre AG drauf angesetzt. Und die schreiben uns da seitenweise die Protokolle voll so von wegen, da gibt's nen Fehler, da gibt's nen Fehler, da gibt's nen Fehler. Also, es gibt immer was, ne Kleinigkeit, die man selbst übersieht, die die Lehrer dann auch übersehen. Muss man sich dann halt im Nachhinein noch mal dransetzen.

(I1)

Das Unternehmen konnte mithilfe dieser Verfahren seine Produkte einem kontinuierlichen Praxistest unterziehen und bekam aus der laufenden unterrichtlichen Praxis oder aus der gezielt hierauf angesetzten AG Informationen über die Tauglichkeit sowie über die Korrektur- und Aktualisierungsbedürftigkeit der Module. Lehrkräfte und Schüler/innen wurden in diesen Prozess eingebunden und betätigten sich auf diese Weise gewissermaßen als Produkttester. Indem sie Fehler beobachteten – darunter etwa Formulierungsfehler im Text, inhaltliche Probleme in der visuellen Darstellung, aber auch veraltete Beispiele, die ausgetauscht und aktualisiert werden sollten –, schriftlich in einer Liste sammelten und diese von Zeit zu Zeit an das Unternehmen zurückmeldeten, initiierten sie eine Überarbeitung des Moduls. An dieser Stelle wird deutlich, dass die Screen-Technologie nur als geschlossene Technik verfügbar ist, denn der Code des Softwareprogramms wird vom Unternehmen nicht herausgegeben – es zirkulieren nur Versionen der Software in den Schulen, die dann erprobt werden können. Das heißt: Die unternehmensintern produzierte Version wird einem weiteren Erprobungs- und Überarbeitungszyklus unterzogen und die Herstellung des digitalen didaktischen Objektes über die Zeit hin ausgedehnt; zugleich wird der Programmcode vom Unternehmen machtvoll geschützt.¹⁵

Das Unternehmen war aber nicht nur vermittelt über die von ihm hergestellten Lernmodule und die von ihm vertriebene Hardware im Unterricht präsent. Vielmehr zirkulierten auch Mitarbeiter/innen des Unternehmens in die Schulorganisation. Die „Unternehmensmitarbeiter/innen-als-Lehrpersonal“ assistierten bei der Einführung

¹⁵ Dieses Ineinandergreifen von Anwendung und (Weiter-)Entwicklung entspricht einem nichtlinearen Konzept von Innovation, das durch aufeinander bezogene, aber nicht klar unterscheidbare Phasen gekennzeichnet ist, wie es sich in der sozialwissenschaftlichen Innovationsforschung durchgesetzt hat (vgl. Blätzel-Mink et al. 2021). Innovation impliziert ebenfalls die (erfolgreiche) Produktplatzierung am Markt, der im Laufe der Produktentwicklung mitentworfen wird (Rogers 2003; Windeler und Schubert 2007).

und Erprobung neuer Soft- und Hardwareprodukte im Schulunterricht, sorgten für die richtige technische Umgebung, erledigten die erforderlichen technischen Handgriffe und übernahmen Erläuterungen zur Verwendung der Technologie. Dies geschah in unregelmäßigen Abständen und meist auf Nachfrage von Lehrkräften. Mitarbeiter/innen des Unternehmens kamen dann in die Schule, um neue Technologien für den versuchsweisen Einsatz im Unterricht zur Verfügung zu stellen und ihre Anwendung zu begleiten. Im von uns beobachteten Zeitraum in einer Projektschule betraf dies vor allem eine neuere VR-Technologie. Es handelte sich dabei um eine Virtual-Reality-Brille bzw. ein „Head Mounted Display“ mit zugehörigem Controller, die über sogenannte Basisstationen mithilfe von Infrarotlasersignalen geortet werden. Über das so ermöglichte Bewegungstracking können sich Nutzer in einem virtuellen dreidimensionalen Raum bewegen oder Objekte untersuchen, während das Bild aus der VR-Brille zusätzlich auf einen externen Bildschirm übertragen wird, sodass auch Umstehende das jeweilige Szenario beobachten können. Im Beobachtungszeitraum wurde die VR-Brille bei zwei verschiedenen Gelegenheiten eingesetzt.

Eine davon war der Einsatz im Rahmen einer Unterrichtseinheit zur Astronomie. Kern dieser Einheit war die Planung einer Marsmission, die über zwei mal zwei Unterrichtsstunden verteilt wurde. Die Schüler/innen wurden in Gruppen aufgeteilt und beschäftigten sich mit einer Reihe verschiedener Aufgaben: Die „Konstrukteur/innen“ bauten das Pappmodell einer Rakete, die „Wissenschaftler/innen“ berechneten die Menge der benötigten Vorräte, die „Pilot/innen“ berechneten die Flugdauer und erörterten die Tücken einer Landung auf der Marsoberfläche. Alle diese Schüler/innen beschäftigten sich im Rahmen der Unterrichtseinheit zwischenzeitlich auch einmal mit dem „Marsmodul“, einer für die VR-Brille entwickelten Software, die von der Lehrkraft für diese Unterrichtseinheit ausgesucht und von Mitarbeiter/innen des Unternehmens vorinstalliert wurde. Das Programm ermöglicht die virtuelle Begehung einer Marslandschaft, bei der Informationen etwa zur Beschaffenheit der Marsoberfläche, zur Temperatur und zu geographischen Gegebenheiten vermittelt werden, enthält aber auch interaktive Aufgaben wie die Durchführung von Schweißarbeiten an einem beschädigten Marsrover, der bei einem herannahenden Sturm unter Zeitdruck repariert werden muss (siehe Abb. 3).

Für die Durchführung des „Marserkundungs-Events“ – so der Ausdruck einer Lehrkraft – stellte das Unternehmen zwei Mitarbeiter/innen ab. Sie waren eine halbe Stunde vor Unterrichtsbeginn vor Ort, brachten die Hardware vom Transporter in den Unterrichtsraum, bauten die Basisstationen auf, nahmen die Verkabelung vor und machten die VR-Brille einsatzbereit. Während die erfahrenere Mitarbeiterin das Geschehen beaufsichtigte, war der jüngere Mitarbeiter dazu abgestellt, die Schüler/innen einzuweisen, ihnen die Handhabung der Brille und des Controllers zu erklären und ihnen dabei zu helfen, sich richtig zu bewegen und die Aufgaben zu lösen – etwa: Ersatzteile am Marsrover auszutauschen. Ein Auszug aus einem Beobachtungsprotokoll beschreibt den Ablauf detailliert:

Zwei Schüler betreten den Raum. Sie wirken etwas zurückhaltend, woraufhin der jüngere Mitarbeiter ihnen zurnt: „Kommt ruhig rein, wir beißen nicht. Wollt Ihr's mal ausprobieren?“ und die VR-Brille in der ausgestreckten Hand

Abb. 3 Marserkundung

hält. Die Schüler gehen zu ihm hin, einer von ihnen nimmt die Brille entgegen und setzt sie unter Anleitung des Mitarbeiters auf, der den richtigen Sitz des Displays überprüft. Der Schüler, dessen Sichtfeld durch die Brille vollständig abgeschirmt wird, schaut sich in alle Richtungen um: Wie auf dem Bildschirm zu sehen ist, befindet er sich in einem Korridor, vor sich eine Tür, rechts davon ein großer grüner Knopf. Der Mitarbeiter fasst die Hand des Schülers und übergibt ihm den Controller (die Hand des Schülers wird nun als Handschuh dargestellt) und weist ihn an, die Hand nach dem Knopf auszustrecken und eine Taste des Controllers zu drücken. Daraufhin öffnet sich die Tür, dahinter wird eine rötlich schimmernde Sandlandschaft erkennbar. Der Mitarbeiter weist den Schüler an, den Blick auf eine Markierung am Boden auszurichten und abermals die Taste zu drücken, woraufhin sich die Szenerie verändert und sich der Schüler plötzlich auf der Marsoberfläche befindet, die Landefähre in seinem Rücken. Er beginnt umherzugehen, den Kopf nach allen Seiten zu drehen und die Szenerie zu betrachten. In kurzer Distanz erblickt er einen Marsrover, der mit roten Markierungen versehen ist. Der Mitarbeiter erläutert ihm, dass diese Markierungen auf defekte Teile hinweisen, die repariert werden müssen. Er weist ihn an, mithilfe des Controllers ein am Boden liegendes Schweißgerät aufzunehmen, das nun in der behandschuhten Hand sichtbar wird. Unter Anleitung des Mitarbeiters bringt er das richtige Teil am Marsrover an. (BP2)

Über das Zustandekommen dieser Kooperation mit dem Unternehmen berichtet die Lehrkraft:

Bei dem Film („Der Marsianer“) hab’ ich damals gedacht, da steckt so viel drin, das kann man eigentlich im Unterricht verwerten. Diese ganze Thematik, wie schafft man Lebensraum und so. Dann hab’ ich gesehen, dass es bei Steam ((ein Online-Portal für Computerspiele)) eine Mars-Software für die VR-Brille gibt. Da muss man die Gefährte, die aktuell da oben sind, wie den Marsexplorer oder den Marsrover, reparieren und kann auf der Oberfläche rumlaufen. [...] Dann habe ich mit der Firma Kontakt aufgenommen und das Ereignis geplant. Das ist ein Bereich, an dem sich der Kontakt sehr lohnt, dass man dann diese technischen Möglichkeiten hat. (I3)

Das Unternehmen trat hier als Lieferant für neue Technologien in Erscheinung, die von Lehrkräften angefragt und probeweise im Unterricht eingesetzt werden konnten. Die Projektschule hatte damit nicht nur Zugriff auf die Module für den Screen, die ihre Lehrkräfte mitentwickelt haben sowie auf alle anderen verfügbaren Module, die von anderen Akteuren wie Chemieunternehmen oder Hochschulstudenten entwickelt wurden: Die Unternehmenskooperation sicherte ihr auch den Zugriff auf Technologien, die bislang noch nicht Bestandteil des unterrichtlichen Geschehens waren. Die Lehrkräfte konnten auf diese Weise relativ spontan neue Unterrichtsideen umsetzen, mit den neuen technischen Möglichkeiten experimentieren und auf diese Weise auch neue Unterrichtskonzepte entwickeln. Das Unternehmen stellte dabei nicht nur die Technik selbst zur Verfügung, sondern auch das nötige Know-how im Hinblick auf ihre Instandsetzung und richtige Handhabung. Im obigen Ausschnitt wird dies deutlich: Schritt für Schritt weist der Mitarbeiter den Schüler in die richtige Handhabung ein, erläutert ihm den Gebrauch der Brille und des Controllers, weist ihn zu bestimmten Handgriffen an und begleitet ihn so durch das Programm.

Diese Einweisung unterscheidet sich dabei in keiner Weise von entsprechenden Einweisungen, wie sie das Unternehmen interessierten Besuchern etwa von Messen oder Kongressen zuteilwerden lässt, wie mehrfach beobachtet werden konnte. Dies verweist darauf, dass dieser Technologie- und Wissenstransfer in die Öffentlichkeitsarbeit des Unternehmens eingebunden ist, das auf diese Weise Gelegenheit erhält, seine Produkte einer potenziell interessierten Öffentlichkeit zu präsentieren und sich als Ansprechpartner im schulischen Kontext zu etablieren. Darüber hinaus profitiert das Unternehmen auch insofern von solchen Präsentationen, als es sich auch hier um Testläufe handelt: Die Mitarbeiter/innen sorgen nicht nur für die Einsatzbereitschaft der Technik und geben Hinweise und Hilfestellung, sondern sie beobachten auch, was geschieht und melden ihre Beobachtungen an das Unternehmen zurück, das auf diese Weise Informationen zu Einsatzmöglichkeiten, zu Entwicklungsideen weiterer Lernumgebungen und zu Schwierigkeiten in der Praxis erhält. Das heißt: Die Schule ist für beide Seiten ein Experimentierfeld für neue Technologien.

Für das Unternehmen ergibt sich aus solchen Unterrichtsbesuchen noch ein weiterer Nutzen, wie sich bei einer weiteren Verwendung der VR-Technologie zeigte. In diesem Fall handelte es sich um eine für die universitäre medizinische Ausbildung entwickelte Software, die versuchsweise im Biologieunterricht eingesetzt wurde. Im Zentrum stand hier ein übergroßes, dreidimensionales Modell des menschlichen Herzens, an dem dessen Aufbau und Funktionsweise untersucht, der Blutkreislauf beobachtet, virtuelle Schnitte gemacht und Funktionsstörungen simuliert werden konnten (vgl. Kalthoff und Cress 2020). Eingesetzt wurde die VR-Brille dabei als Alternative und Ergänzung zur im Nebenraum stattfindenden physischen Sektion von Tierherzen, an der einige Schüler/innen nicht teilnehmen konnten oder wollten. Auch in diesem Fall waren zwei Mitarbeiter/innen des Unternehmens anwesend, die die Technologie bereitstellten, einsatzbereit und die Schüler/innen mit der Steuerung vertraut machten. Die den Schüler/innen unbekannte Technologie sorgte dort für große Aufmerksamkeit, sodass sich der Unterrichtsschwerpunkt nach vollzogener Sektion bald auf den Nebenraum verlagerte, wo jeweils ein/e Schüler/in die VR-Brille erprobte und spielerisch mit dem Modell des Herzens interagierte, während die

Abb. 4 Herzerkundung

anderen Schüler/innen das Geschehen am Bildschirm beobachteten, Anweisungen gaben und miteinander scherzten (siehe Abb. 4).

Die VR-Technologie sorgte auf diese Weise nicht nur für eine „Eventisierung“ des Biologieunterrichts, sondern ermöglichte es dem Unternehmen auch, das Geschehen für eigene Zwecke in Szene zu setzen. Dies zeigt ein weiterer Auszug aus einem Beobachtungsprotokoll:

Plötzlich kommt die Lehrkraft mit einem fahrbaren Tisch zur Tür herein. Sie wird von mehreren Schüler/innen begleitet, die Gummihandschuhe tragen. Auf dem Tisch befinden sich eine Schale mit einem blutigen Tierherzen und Präparationsbesteck, wie sie bei der Sektion im Nebenraum verwendet werden. Die Lehrkraft positioniert den Tisch in wenigen Metern Abstand vor dem Bildschirm und der Schülerin, die gerade die VR-Brille ausprobiert. Die Schüler/innen versammeln sich um den Tisch und die Lehrkraft beginnt mit der Präparation, indem sie das Herz aus der Schale nimmt und den Schüler/innen den Aufbau erläutert. Währenddessen nimmt die Firmenmitarbeiterin eine Kamera zur Hand und beginnt, Fotos zu machen, wobei sie nicht nur die Präparation einfängt, sondern auch darauf achtet, die Nutzerin mit der VR-Brille und die umstehenden Schüler/innen mit auf das Bild zu bekommen. Die Schüler/innen versammeln sich dabei so um den Tisch, dass niemand mit dem Rücken zur Kamera steht. (BP3)

Zu beobachten ist hier eine gezielt für die Herstellung werbewirksamer Fotos durchgeführte Inszenierung: Weil die Präparation der Tierherzen und der Einsatz der VR-Brille in zwei unterschiedlichen Unterrichtsräumen lokalisiert ist, das Foto aber beides gleichzeitig festhalten soll, wird die Präparation kurzerhand vorübergehend in den zweiten Raum verlegt. Die Positionierung des Tisches, die Anordnung der Körper am Tisch und die Aktionen der Lehrkraft sind dabei ganz auf das beabsichtigte Motiv abgestimmt: Zu sehen ist die Lehrkraft mit einem blutigen Herzen in der Hand, die den Schüler/innen mit Zeigegesten dessen Aufbau und das Ansetzen des Skalpells erklärt, sowie interessierte Schüler/innen, die diesen Ausführungen aufmerksam folgen, während im Hintergrund eine Schülerin mit VR-Brille und Controller experimentiert und das Modell des Herzens auf dem externen Bildschirm erscheint.

Die Kooperation zwischen Schule und Unternehmen ist insofern auch in dieser Hinsicht reziprok angelegt: Während die Schule Zugriff auf neue Technologien bekommt und diese im Unterricht einsetzen kann, profitiert das Unternehmen nicht nur davon, seine Expertise und die ihm zur Verfügung stehenden Technologien einer schulinternen Öffentlichkeit zu präsentieren und ihren Einsatz zu beobachten, sondern es produziert auch gezielt Dokumentationen hiervon, die sie anschließend im Rahmen seiner Öffentlichkeitsarbeit einsetzen kann.

6 Schluss

Über den bekannten techniksoziologischen Befund hinaus, dass die Produktion von Technologie nicht nur ein technisches, sondern auch ein soziales Unterfangen ist (siehe nur Lutz 1987), haben wir die Verknüpfung von Sozialität und Technologie, Wissensformen und Innovation weiter aufgeschlüsselt. Indem wir gezeigt haben, wie die Entwicklung und Fertigung eines digitalen didaktischen Objekts die Integration verschiedener professioneller Expertisen erfordert, konnten wir einen trans-epistemischen Wissensprozess als kulturelles Phänomen in den Blick nehmen. Hierzu haben wir die Entwicklung und Erprobung eines digitalen didaktischen Objektes und die hiermit konstitutiv verbundene Kooperationsbeziehung zwischen zwei Schulen und einem Unternehmen empirisch untersucht. Wir haben erörtert, wie im Laufe dieser Kooperation eine „Zirkulation von Wissen“ in Gang kam, die die Grenzen zwischen den Organisationen verschob bzw. gar temporär nivellierte. Auf der einen Seite wurde, wie gesehen, durch die Mitarbeit von Lehrkräften im Unternehmen fachliches, didaktisches und pädagogisches Wissen zur Verfügung gestellt, das von Programmierer/innen nutzbar gemacht, auf ökonomische und technische Umsetzbarkeit überprüft werden und in Entwicklung und Design der Lernsoftware einfließen konnte. Auf der anderen Seite wurden durch die Bereitstellung von technischen Geräten, der Entwickler/innen und des Know-how des Unternehmens in der Schule neue Darstellungsmöglichkeiten von Lerninhalten erprobt und ermöglicht.

Die Kooperationsbeziehung war gekennzeichnet durch drei Phasen, in deren Verlauf die ökonomische, technische und didaktische Rationalität bzw. Expertise unterschiedlich relevant und miteinander vermittelt wurden. In der Planungsphase, in der Lehrkräfte Vorschläge für die Erstellung neuer Module formulierten, kam der von den Entwickler/innen vertretenen ökonomischen und technischen Rationalität, die diese Vorschläge einer Prüfung unter Gesichtspunkten der Rentabilität und Umsetzbarkeit unterwirft, eine limitierende und kanalisierende Funktion zu. Diese Vermittlung zwischen dem Wünschenswerten und dem Machbaren setzte sich in der Realisierungsphase, in der Lehrkräfte Materialien zur Verfügung stellten und mit den Entwickler/innen Storyboards diskutierten, innerhalb des zuvor ausgehandelten Rahmens fort, wobei die ökonomische Rationalität in den Hintergrund trat und der didaktischen Rationalität nun ihrerseits eine überprüfende und korrigierende Rolle im Hinblick auf die Entwürfe der Entwickler/innen zukam. In der Testphase schließlich, in der sich das entwickelte Objekt im Rahmen der didaktischen Praxis bewähren musste, spielten Aushandlungsprozesse über ökonomische und technische Fragen kaum noch eine Rolle: Die Rückmeldung über Fehler und Probleme und die

Realisierung von Modifikationen fanden in einem eng gesteckten, nicht mehr weiter verhandelbaren Rahmen statt. Der hier beschriebene Entwicklungsprozess lässt sich damit als ein sukzessiv fortschreitender Prozess der Schließung betrachten, an dessen Ende ein weitgehend fertiges und marktfähiges Objekt stand, in das die zuvor verhandelten Logiken bzw. Rationalitäten implementiert wurden. Das digitale didaktische Objekt erscheint dabei als eine zirkulierende Referenz (Latour 1999), die zwischen Schule und Unternehmen hin und her geht und das jeweilige Wissen in die andere Organisation hineinträgt. Deutlich wird dabei auch, dass mit dem fertigen Produkt verschiedene Werte verbunden sind: Zu ihnen gehören der ökonomische Erfolg, der pädagogisch-didaktische Sinn sowie seine Brauchbarkeit und Begehrlichkeit.

Motiviert und getragen wurde diese Kooperationsbeziehung letztlich von bestimmten Gewinnen, die beide Seiten für sich erwarten und reklamieren konnten: Während sich die Lehrkräfte mit Unterstützung der Software-Expert/innen ein auf ihre praktischen Bedarfe hin zugeschnittenes Unterrichtsmaterial schafften, intendierte das Unternehmen, über den Einbezug didaktischer Expertise und fachlichen Erfahrungswissens sicherzustellen, dass es für seine Produkte einen Markt gibt. Darüber hinaus verfügten Lehrkräfte infolge der Kooperation über Zugang zu neuesten Technologien, die sie im Unterricht einsetzen, mit denen sie nun experimentieren und die sie auf ihre Eignung für die künftige Unterrichtspraxis hin beobachten konnten. Umgekehrt ermöglichte die Abstellung von Mitarbeiter/innen für den Unterricht dem Unternehmen nicht nur eine entsprechende Außendarstellung, sondern erlaubte ihm auch eine Marktbeobachtung, die die Verbesserung bestehender und die Entwicklung neuer Objekte stimulierte.

Das Unternehmen versuchte durch diese Kooperation ein Wissensdefizit zu bearbeiten – und zwar seine fehlenden didaktischen Erfahrungen und Kenntnisse darüber, wie fachliche Inhalte für den Schulunterricht sinnvoll anzuordnen und darzustellen sind und welche Beispiele und Aufgabenstellungen sich für spezifische Klassenstufen eignen. Es organisiert daher einen Wissenstransfer, indem es die Grenzen seiner Organisation temporär verschiebt und die Mitgliedschaft hybridisiert: Auch Lehrkräfte und Schüler/innen sind vorübergehend im Unternehmen und für das Unternehmen tätig. Dieser Prozess gelingt, weil das Unternehmen die Fertigung und Verbesserung des angestrebten Produktes als ein kollektives Gut etablieren und entsprechende Humanressourcen für die Kooperation innerhalb seiner industriellen Welt (Boltanski und Thévenot 2014) aktivieren kann. Das Unternehmen verfolgt mit dieser Strategie hybrider Kooperation das Ziel, den schwierigen Bildungsmarkt im Hinblick auf Bedarfslagen hin zu sondieren, sein Produkt entsprechend zuzuschneiden und bestmöglich zu platzieren.

Insgesamt betrachtet zeigt dieser Fall somit eine zweifache Ausdehnung der jeweiligen Organisation: Das Unternehmen als Repräsentant der Bildungswirtschaft wurde zu einem in der Schule, die Schule als Repräsentant der staatlichen Bildungsorganisation zu einem im Unternehmen präsent gemachten Akteur. Dabei wird erkennbar, wie eine Organisation der Bildungswirtschaft lokale Erprobungsressourcen für eigene Produkte schafft und lokal gerahmte Versammlungen organisiert, die dem Austausch von Wissensaktivitäten und technischen Kompetenzen dienen. Dieser Rückgriff auf schulisches Erfahrungswissen durch das Unternehmen stellt

auf je spezifische Weise auch einen Vorgriff auf den Schulunterricht dar, und zwar dadurch, dass die lokalen Aushandlungen in den didaktischen Objekten materialisiert werden: eine *vorgreifende Simulation* des Unterrichtsgeschehens im digitalen didaktischen Objekt. Zugleich ist das technische Objekt selbst – emblematisch der Code des Programms – geschlossen, was die Kommunikationskanäle, Handlungsmodi, Medialitäten etc. der beteiligten Akteure einschränkt, aber auch auf bestimmte Tätigkeiten, Themen und Kommunikationen ausrichtet.

Mit der hier vorgetragenen theoretischen Empirie der Fertigung digitaler didaktischer Objekte schlägt der Beitrag einen neuen Blick auf Prozesse schulischer Digitalisierung vor: Neue Technologien und digitale Objekte und die mit ihnen verbundenen Transformationsprozesse werden auf die Logiken bezogen, die mit ihrer Produktion verbunden sind. Diese Objekte stellen den schulischen Stoff auf neue, dreidimensionale Weise da und machen ihn damit auf neue Weise verfügbar. Dieser curricular vorgesehene schulische Stoff selbst ist gar nicht neu, sondern bereits in anderen Medien – wie etwa Schulbüchern – dokumentiert. Es handelt sich also nicht um neue Unterrichtsinhalte, sondern um bereits bestehende, aus denen für die Darstellung selektiert wird. In diesem Sinne „pfropft“ (Rheinberger 2021) sich die neue Technologie dem Unterricht und seiner sozio-materiellen Konstellation auf. Wie gezeigt, führt dieses neue Darstellungsmedium aber noch nicht zu einer allgemeinen Rekonfiguration des schulischen Unterrichts, sondern wird flexibel genutzt und auch wieder deaktiviert. Das heißt, dass die schulischen Akteur/innen die Relevanz dieses digital-didaktischen Objekts phasenweise steigern oder mindern. Somit ist es in zweierlei Weise durch die Praxis geraht: zum einen durch den Prozess der Fertigung, in dem ökonomische, technische und didaktische Rationalitäten bzw. Expertisen verhandelt werden, die ihrerseits auch als Begrenzungen wirksam sind; zum anderen durch den sozialen Gebrauch im Schulunterricht, in dem Lehrkräfte ihre Erfahrung und ihre bisherige Praxis an dieses neue Medium andocken, das aber auch seinen Eigensinn entfaltet. Schließlich ist seine Fertigung ein tendenziell un abgeschlossener Prozess, insofern ökonomisch-technische und schulische Praxis sich immer wieder wechselseitig informieren und dadurch Korrekturen, die Entwicklung neuer Inhalte sowie technische Neuerungen anstoßen.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

Verwendete Literatur

- Ahlrichs, J., & Macgilchrist, F. (2017). Medialität im Geschichtsunterricht. Die Rolle des Schulbuchs beim Vollzug von „Geschichte“. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 6, 14–27.
- Asbrand, B., & Nohl, A.-M. (2013). Lernen in der Kontagion: Interpretieren, konjunktives und aktionistisches Verstehen im Aufbau gegenstandsbezogener Erfahrungsräume. In P. Loos, A.-M. Nohl, A. Przyborski & B. Schäffer (Hrsg.), *Dokumentarische Methode. Grundlagen – Entwicklungen – Anwendungen* (S. 153–169). Opladen: Budrich.
- Ayaß, R., & Pitsch, K. (2008). Gespräche in der Schule. Interaktion im Unterricht als multimodaler Prozess. In H. Willems (Hrsg.), *Lehr(er)buch Soziologie. Für die pädagogischen und soziologischen Studiengänge, Bd.2* (S. 959–982). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bachelard, G. (1988). *Der neue wissenschaftliche Geist*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Barad, K. (2012). *Agentieller Realismus. Über die Bedeutung materiell-diskursiver Praktiken*. Berlin: Suhrkamp.
- Bastian, J., & Aufenanger, S. (Hrsg.). (2017). *Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien*. Wiesbaden: Springer VS.
- Beckert, J. (1996). Was ist soziologisch an der Wirtschaftssoziologie? Ungewißheit und die Einbettung wirtschaftlichen Handelns. *Zeitschrift für Soziologie*, 25, 125–146.
- Beckert, J. (1997). *Grenzen des Marktes. Die sozialen Grundlagen wirtschaftlicher Effizienz*. Frankfurt a. M.: Campus.
- Beckert, J. (2016). *Imagined futures: Fictional expectations and capitalist dynamics*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Berdelmann, K., & Reh, S. (2015). Adressierung durch den Raum – (Lieblings-)Plätze in der Schule. Eine fotoethnographische Exploration. In T. Alkemeyer, H. Kalthoff & M. Rieger-Ladich (Hrsg.), *Bildungspraktiken. Körper – Räume – Artefakte* (S. 183–206). Weilerswist: Velbrück.
- Berger, P. L., & Luckmann, T. (1980) [1966]. *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie*. Frankfurt a. M.: Fischer.
- Blättel-Mink, B., Schulz-Schaeffer, I., & Windeler, A. (Hrsg.). (2021). *Handbuch Innovationsforschung. Sozialwissenschaftliche Perspektiven*. Wiesbaden: Springer VS.
- Boltanski, L., & Thévenot, L. (2014). *Über die Rechtfertigung. Eine Soziologie der kritischen Urteilskraft*. Hamburg: Hamburger Edition.
- Bossen, A. (2020). *Das Artefakt als materialisiertes Netzwerk Neuer Lernkulturen: Ein ikonographisch-ikonologisch-netzwerktheoretischer Zugang zu stillgestellten Praktiken Neuer Leistungskulturen im Portfolio*. Berlin: Lang.
- Bourdieu, P. (1980). Le mort saisit le vif. Les relations entre l'histoire réifiée et l'histoire incorporée. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 32–33, 3–14.
- Bourdieu, P. (1989). *La Noblesse d'État. Grandes écoles et esprit de corps*. Paris: Minuit.
- Bourdieu, P. (1993). *Sozialer Sinn. Kritik der theoretischen Vernunft*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Breidenstein, G. (2004). KlassenRäume. Eine Analyse räumlicher Bedingungen und Effekte des Schülerhandelns. *Zeitschrift für qualitative Bildungs-, Beratungs- und Sozialforschung*, 5(1), 87–107.
- Breidenstein, G., Hirschauer, S., Kalthoff, H., & Nieswand, B. (2013). *Ethnografie. Die Praxis der Feldforschung*. Stuttgart: UTB.
- Callon, M. (Hrsg.). (1998). *The laws of the market*. Oxford: Blackwell.
- Cress, T. (2019). *Sakrotope. Studien zur materiellen Dimension religiöser Praktiken*. Bielefeld: transcript.
- Daston, L. (Hrsg.). (2004). *Things that talk. Object lessons from art and science*. New York: Zone Books.
- Edwards, R. (2015). Software and the hidden curriculum in digital education. *Pedagogy, Culture & Society*, 23, 265–279.
- Emerson, R.M., Fretz, R.I., & Shaw, L.L. (1995). *Writing ethnographic fieldnotes*. Chicago: University of Chicago Press.
- Fetzer, M. (2010). Reassembling the Social Classroom. Mathematikunterricht in einer Welt der Dinge. In B. Brand, M. Fetzer & M. Schütte (Hrsg.), *Auf den Spuren interpretativer Unterrichtsforschung in der Mathematikdidaktik* (S. 267–290). Münster: Waxmann.
- Foray, D., & Raffo, J. (2014). The emergence of an educational tool industry: Opportunities and challenges for innovation in education. *Research Policy*, 43, 1707–1715.
- Garfinkel, H. (1967). *Studies in ethnomethodology*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

- Greiffenhagen, C. (2014). The materiality of mathematics: Presenting mathematics at the blackboard. *The British Journal of Sociology*, 65, 502–528.
- Hasselhorn, M., & Cress, U. (2020). Bildung in der digitalen Welt: Potenziale und Herausforderungen. Positionspapier des Leibniz-Forschungsnetzwerks Bildungspotenzial. https://www.leibniz-bildung.de/wp-content/uploads/2020/10/LERN-Positionspapier_Digitale-Bildung-1.pdf. Zugriffen: Dez. 2021.
- Jörissen, B. (2015). Bildung der Dinge: Design und Subjektivierung. In B. Jörissen & T. Meyer, *Subjekt Medium Bildung* (S. 215–233). Wiesbaden: Springer VS.
- Kalthoff, H. (2019). Materieller Sinn. Die Soziologie der Materialität und die Daseinsweisen der Dinge. *Zeitschrift für theoretische Soziologie*, 8(2), 147–172.
- Kalthoff, H., & Cress, T. (2019). Die Praxis der Repräsentation. Der schulische Gebrauch analoger und digitaler Objekte. *Soziale Welt*, 70, 375–405.
- Kalthoff, H., & Cress, T. (2020). Digitale Objekte. Pilotschulen und die Erprobung neuer Lernmedien. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 9, 23–37.
- Kalthoff, H., & Maeße, J. (2012). Die Hervorbringung des Kalküls. Zur Praxis der Finanzmathematik. In H. Kalthoff & U. Vormbusch (Hrsg.), *Soziologie der Finanzmärkte* (S. 201–233). Bielefeld: transcript.
- Kalthoff, H., Wiesemann, J., Lange, J., & Röhl, T. (2020). The meaning of things. Didactic objects and the implementation of educational theory. *Pedagogy, Culture & Society*, 29, 281–298.
- Kaspar, K., Becker-Mrotzek, M., Hofhues, S. König, J., & Schmeink, D. (Hrsg.). (2020). *Bildung, Schule, Digitalisierung*. Münster: Waxmann.
- Kaube, J. (2018). Großer Unfug. FAZ vom 31.03.2018. <https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/digitalisierung-der-schule-grosser-unfug-15519960.html>. Zugriffen: Dez. 2021.
- Knorr Cetina, K. (1997). Sociality with objects: Social relations in postsocial knowledge societies. *Theory, Culture & Society*, 14, 1–30.
- Knorr Cetina, K. (2001). Postsocial relations: Theorizing sociality in a postsocial environment. In G. Ritzer & B. Smart (Hrsg.), *Handbook of social theory* (S. 520–536). London: Sage.
- Krappmann, L., & Oswald, H. (1995). *Alltag der Schulkinder. Beobachtungen und Analysen von Interaktionen und Sozialbeziehungen*. Weinheim: Juventa.
- Lange, J. (2017). *Schulische Materialität: Empirische Studien zur Bildungswirtschaft*. Berlin: De Gruyter.
- Latour, B. (1999). *Die Hoffnung der Pandora*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Latour, B. (2001). Eine Soziologie ohne Objekt? Anmerkungen zur Interobjektivität. *Berliner Journal für Soziologie*, 11, 237–252.
- Luhmann, N. (2002). *Das Erziehungssystem der Gesellschaft*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Lutz, B. (1987). Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen. In B. Lutz (Hrsg.), *Technik und Sozialer Wandel* (S. 34–57). Frankfurt a. M.: Campus.
- Macgilchrist, F. (2011). Schulbuchverlage als Organisationen der Diskursproduktion. Eine ethnographische Perspektive. *Zeitschrift für Soziologie der Erziehung und Sozialisation*, 31, 248–263.
- Maier, M. S. (2016). Die Prozessierung schulischer Selektion. Zur Entwicklung kollektiver Orientierungen und Begründungen im kollektiven Austausch von Lehrkräften. In M. S. Maier (Hrsg.), *Organisation und Bildung. Theoretische und empirische Zugänge* (S. 139–160). Wiesbaden: Springer VS.
- Mannheim, K. (1980). *Strukturen des Denkens*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Martens, M., Asbrand, B., & Spieß, C. (2015). Lernen mit Dingen. Prozesse zirkulierender Referenz im Unterricht. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 1, 48–65.
- Mead, G. H. (1938). *The philosophy of the act*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mulders, M., Buchner, J., & Kerres, M. (2020). A framework for the use of immersive virtual reality in learning environments. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(24), 208–224.
- Nohl, A.-M. (2011). *Pädagogik der Dinge*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Prior, L. (2003). *Using documents in social research*. London: Sage.
- Prose, M., & Niessen, A. (2017). Medialität und Performativität im Unterricht: Zwischen Hervorbringen und Übertragen, Inszenieren und Wahrnehmbarmachen schulischen Wissens, Könnens und Sollens. Eine Einführung. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 6, 3–13.
- Rabenstein, K. (2018). Ding-Praktiken. Zur sozio-materiellen Dimension von Unterricht. In M. Prose & K. Rabenstein (Hrsg.), *Kompodium Qualitative Unterrichtsforschung. Unterricht beobachten – beschreiben – rekonstruieren* (S. 319–347). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Rammert, W., & Schubert, C. (2006). *Technografie. Zur Mikrosoziologie der Technik*. Frankfurt a. M.: Campus.
- Rheinberger, H.-J. (2001). *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

- Rheinberger, H.-J. (2021). *Spalt und Fuge. Eine Phänomenologie des Experiments*. Berlin: Suhrkamp.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.
- Röhl, T. (2013). *Dinge des Wissens. Schulunterricht als sozio-materielle Praxis*. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Schatzki, T. R. (2002). *The site of the social. A philosophical account of the constitution of social life and change*. University Park: The Pennsylvania State University Press.
- Schatzki, T. R., Knorr Cetina, K., & v. Savigny, E. (Hrsg.). (2001). *The practice turn in contemporary theory*. London: Routledge.
- Schmidt, R. (2008). Praktiken des Programmierens. Zur Morphologie von Wissensarbeit in der Software-Entwicklung. *Zeitschrift für Soziologie*, 37, 282–300.
- Shove, E., Watson, M., Hand, M., & Ingram, J. (2007). *The design of everyday life*. Oxford & New York: Berg.
- Spinuzzi, C. (2005). The methodology of participatory design. *Technical Communication*, 52, 163–174.
- Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional ecology, „translations“ and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907–39. *Social Studies of Science*, 19, 387–420.
- Strauss, A. L. (1998). *Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Datenanalyse und Theoriebildung in der empirischen soziologischen Forschung*. München: Fink.
- Swedberg, R. (2003). *Principles of economic sociology*. Princeton: Princeton University Press.
- Wenger, E. (1999). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wiesemann, J., & Lange, J. (2015). Schülerhandeln und die Dinge des Lernens. Zum Verhältnis von Sinn und Objektgebrauch. In T. Alkemeyer, H. Kalthoff & M. Rieger-Ladich (Hrsg.), *Bildungspraktiken. Körper – Räume – Artefakte* (S. 261–282). Weilerswist: Velbrück.
- Williamson, B. (2016). Digital education governance. Data visualization, predictive analytics, and real-time policy instruments. *Journal of Education Policy*, 2, 123–141.
- Windeler, A., & Schubert, C. (2007). Technologieentwicklung und Marktkonstitution. In J. Beckert, R. Diaz-Bone & H. Ganßmann (Hrsg.), *Märkte als soziale Strukturen*. (S. 217–233). Frankfurt a. M.: Campus.
- Wunder, M. (2020). Das Mitspracherecht der Dinge – Material turn und digitale Bildung. *Bildung und Erziehung*, 73, 76–90.
- Zirfas, J., & Klepacki, L. (2013). Die Performativität der Dinge. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16, 43–57.

Materialverzeichnis

Das von uns für diesen Aufsatz verwendete empirische Material wurde in der zweiten Förderphase eines DFG-Projektes erhoben. Aus diesem Pool haben wir folgende Daten verwendet:

- I1: Interview mit einem Entwickler des Softwareunternehmens im Besprechungsraum des Unternehmens, März 2016.
- I2: Interview mit Lehrkraft (LK1) im Besprechungsraum einer Pilotschule, März 2017.
- I3: Interview mit Lehrkraft (LK2) im Klassenraum einer Pilotschule, März 2017.
- BP1: Beobachtungsprotokoll und Videoaufnahme einer Schulstunde im Fach Chemie, Juni 2017.
- BP2: Beobachtungsprotokoll und Videoaufnahme einer Schulstunde im Fach Physik, April 2017.
- BP3: Beobachtungsprotokoll und Videoaufnahme einer Schulstunde im Fach Biologie, Februar 2017.

Torsten Cress, Dr. phil., Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Soziologie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Forschungsschwerpunkte: Bildung und Digitalisierung, Soziologie der Sozialen Arbeit, Praxistheorie, Materielle Kultur, Religionssoziologie. Ausgewählte Veröffentlichungen: Sakrotopie. Studien zur materiellen Dimension religiöser Praktiken, 2019; Materialität und Digitalität. Zur strukturellen Transformation von Lehr-/Lernpraktiken in schulischen Digitalisierungsprozessen, in: Jahrbuch für konstruktivistische Religionsdidaktik, 2021; (Hrsg. mit H. Kalthoff & T. Röhl) Materialität. Herausforderungen für die Sozial- und Kulturwissenschaften, 2016.

Prof. Herbert Kalthoff. Dr. rer. soc., Professor für Soziologie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Forschungsschwerpunkte: Bildungs- und Finanzsoziologie; Theorien des Wissens, der Kultur und der Materialität der Praxis. Ausgewählte Veröffentlichungen: (Hrsg. mit S. Hirschauer und G. Lindemann) Theoretische Empirie. Die Relevanz qualitativer Forschung, 2019; (mit H. Link) Zukunftslaboratorien. Technisches Wissen und die Maschinenwesen der Robotik, in: D. Dizdar et al. (Hrsg.), Humandifferenzierung. Disziplinäre Perspektiven und empirische Sondierungen, 2021; (mit K. Engert) Die universitäre Bewertung. Organisatorische Rahmen und die Einsätze der Mitglieder, in: F. Meier & T. Peetz (Hrsg.), Organisation und Bewertung, 2021.