

Die Illusion der Regel

Datafizierung als Form technischer Welterzeugung

Christoph Richter und Heidrun Allert

Abstract

Der Beitrag rückt neben dem reduktiven Moment der Datafizierung als einer modellhaft verkürzten Darstellung von Realität auch das produktive Moment der Daten als Produkt technischer Welterzeugung in den Blick. Daten sind damit Objekte, die in spezifischen Formaten generiert werden, die Welt erweitern und mit denen man etwas tun kann. Die Illusion der Regel greift auf das Konzept der repräsentationalen Form zurück, um die technische Seite der Datafizierung zu betrachten. Der Betrag beharrt auf der Eigensinnigkeit und Widerständigkeit der Technik, die sich nicht in den Wünschen und Ideen ihrer Entwickler:innen erschöpft und auch kein bloßer Ausdruck der gesellschaftlichen Verhältnisse ist, sondern ihren eigenen Entwicklungslinien folgt.

Mit der Verbreitung digitaler Technologien in Lern- und Bildungskontexten sind Prozesse der Datafizierung auch vermehrt zum Gegenstand bildungswissenschaftlicher Analysen geworden. Im Sinne einer kritischen Auseinandersetzung mit Fragen der Datafizierung von Lern- und Bildungsprozessen liegt hierbei der Fokus vor allem auf der sozialen Funktion und Bedeutung digitaler Daten und hiermit einhergehender Datenpraktiken. In Anlehnung an Methoden und theoretische Positionen der Science and Technology Studies ist im Rahmen dieser Auseinandersetzung auf die »Gemachtheit von Daten« (Dander, 2014, S. 1) und ihre Einbettung in kulturelle, politische und wirtschaftliche Aushandlungsprozesse hingewiesen worden. Während entsprechende Ansätze zu Recht auf die Rolle sozialer Praktiken, Überzeugungen und Interessen verweisen, vor deren Hintergrund Daten ihre Bedeutung und Funktion gewinnen, findet die technische Dimension der Daten in der aktuellen Diskussion kaum Beachtung (vgl. Krein & Schiefner-Rohs, 2021). Nicht zuletzt mit dem Verweis auf die Relationalität digitaler Technologien (z.B. Decuyper, 2021; Hartong, 2018) ist vielmehr das technologische Moment der Datafizierung aus dem Blick geraten, genauer: der Umstand, dass Daten für die Verarbeitung mittels digitaler Technologien in einer Weise vorliegen müssen, die unabhängig ist von der Interpretation durch einen Menschen (Floyd, 2002; vgl. Nake, 2001).

Vor diesem Hintergrund zielt dieser Beitrag darauf ab, eine bildungsinformatische Perspektive zu entwickeln, die Daten als materielle Produkte technikgenetischer Entwicklungslinien versteht, die zwar in soziale Praktiken verstrickt sind, aber nicht in diesen aufgehen. Unter Rückgriff auf das Konzept der *repräsentationalen Formate* wendet sich dieser Zugang damit gegen die Vorstellung des Digitalen als eines ahistorischen und singulären Mediums und verweist stattdessen auf jene Spielräume, die sich aus der Differenz zwischen dem technisch Möglichen und dem praktisch Sinnhaften ergeben. Neben der hiermit verbundenen Frage nach den »kulturellen Möglichkeitsbedingungen« (Jörissen, 2016, S. 26), unter denen bestimmte datenbasierte Technologien praktisch anschlussfähig werden, besteht die pädagogische Relevanz dieses Zugangs nicht zuletzt in der Möglichkeit, repräsentationale Formate und die mit ihnen verbundenen Prozesse der Datafizierung als effektive, aber kontingente Momente »technischer Welterzeugung« (Floyd, 1997, S. 237) zu adressieren und sie damit nicht mehr als alternativlos begreifen zu müssen. Der Beitrag richtet sich hiermit gegen die in der pädagogischen Diskussion immer wieder zu beobachtenden Tendenzen, die jeweiligen »Technieverhältnisse« (Zorn, 2014) primär als Ausdruck der sozialen Verhältnisse zu verstehen oder aber (digitale) Technik zur Black-Box zu erklären, die sich einer weiterführenden Analyse entzieht. Über das Konzept der repräsentationalen Form und der damit einhergehenden Idee, dass auch das Digitale einer Form bedarf, die Einfluss darauf hat, was in welcher Form artikuliert werden kann, versucht der Beitrag einen Zugang zur technischen Seite des Digitalen und der Datafizierung zu finden und für die pädagogische Auseinandersetzung zu erschließen. Es geht hierbei insbesondere darum, die Tragweite grundlegender technologischer Setzungen zu erkennen, die sich in technologische Infrastrukturen eingeschrieben haben und von den beteiligten Akteur:innen oftmals als selbstverständlich und damit als scheinbar alternativlos betrachtet werden.

Der Beitrag arbeitet zunächst das Konzept der repräsentationalen Form als (technische) Voraussetzung informatischer Modellbildung und damit der Datafizierung heraus. Mit dem Konzept der repräsentationalen Form wird es möglich, nicht nur die Gemachtheit der Daten, sondern auch die materiellen Qualitäten der Daten und die hiermit verbundenen Möglichkeiten, aber auch Grenzen der (digitalen) Formbildung in den Blick zu nehmen. Das daran anschließende Kapitel befasst sich mit der im Gegenzug zur Datafizierung als Form der informatischen Modellbildung notwendigen praktischen Abschirmung des technischen Kerns. Hierbei wird der Umstand hervorgehoben, dass Daten und die ihnen zugrundeliegenden Formate nicht nur einer technischen, sondern immer auch einer praktischen Anschlussfähigkeit bedürfen. Um diese Überlegungen zu konkretisieren, befasst sich der Beitrag im weiteren Verlauf mit dem »Standard for Learning Objects Metadata« (LOM) sowie der »Experience API« (xAPI) als Beispielen für repräsentationale Formate zur Datafizierung von Lernressourcen beziehungsweise

-prozessen. Der Beitrag schließt mit einem Ausblick auf die Möglichkeiten einer bildungsinformatischen Datenkritik.

1. Datafizierung und repräsentationale Form

In der aktuellen sozial-, kultur- und bildungswissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Prozessen der Datafizierung begegnen uns (digitale) Daten vor allem als zweckdienliche Beschreibungen oder Repräsentationen, die es ermöglichen Ereignisse oder Eigenschaften von Dingen aufzuzeichnen, zu analysieren oder auch zu kontrollieren (z.B. Mayer-Schönberger & Cukier, 2013; Rammert, 2007). Mit dem Verweis auf die »hochgradig offene, manipulierbare Form des Digitalen« (Jörissen, 2016a, S. 104) und die damit verknüpfte Idee des Digitalen als eines »material without qualities« (Löwgren & Stolterman, 2004, S. 3) wird in dieser Diskussion zwar die kulturelle Bedingtheit wie auch die Gemachtheit der Daten hervorgehoben, wobei aber die Materialitäten des Digitalen und der damit verbundene »Eigensinn« entsprechender Technologien weitgehend aus dem Blick geraten. In Vergessenheit gerät hierbei, dass auch (digitale) Daten als Beschreibungen und Repräsentationen einer spezifischen Form bedürfen, in und durch die sie überhaupt erst existenzfähig und damit verarbeitbar werden. Daten erweitern als technische Objekte die Welt, sie gewinnen eine spezifische Form, eine Form, die darüber bestimmt, was mit ihnen gemacht werden kann und was nicht.

Der Kerngedanke, um den es uns hier geht, besteht darin, dass nicht nur das, was in Daten repräsentiert wird, sondern auch die Art beziehungsweise die Form, in der etwas (digital) repräsentiert wird, grundlegend ist für die Möglichkeiten der technischen Verarbeitung wie auch für den praktischen Umgang mit Daten (vgl. Dourish, 2017). Es geht uns darum, dass es einen Unterschied macht, ob wir versuchen, mit römischen oder arabischen Zahlen zu rechnen (z.B. Zhang, 1997), ob ein Bild als Pixel- oder Vektorgrafik vorliegt (z.B. Dourish, 2017), oder ob wir ein Land in Form einer Sammlung von Kartenblättern oder einer Menge aufeinander bezogener, ineinander verschachtelter und typisierter Polygone kartieren (Lauriault, 2018). Wie Paul Dourish (2017) am Beispiel von Pixel- und Vektorgrafiken als digitalen Repräsentationen von Bildern verdeutlicht hat, wirkt sich das jeweilige Format nicht nur auf die Größe des Datensatzes aus, sondern auch darauf, welche Operationen auf den Objekten ausgeführt werden können. So ermöglicht etwa die Repräsentation als Vektorgrafik im Unterschied zur Pixelgrafik die verlustfreie Skalierung oder Rotation eines Bildes wie auch die Umkehrung entsprechender Operationen. In den jeweiligen repräsentationalen Formaten schlägt sich das nieder, was Dourish als die Materialitäten der Information bezeichnet hat, »those properties of representations and formats that constrain, enable, limit, and shape the ways in which those repre-

sentations can be created, transmitted, stored, manipulated, and put to use« (Dourish, 2017, S. 16).

Auch wenn digitale Technologien insofern flexibel und formbar sind, als dass sie unterschiedliche repräsentationale Formate verarbeiten können (sofern sich diese in hinreichender Weise formalisieren lassen), so setzen sie doch notwendigerweise das Vorhandensein entsprechender Formate voraus. Die ›informatische Modellbildung« als Grundprinzip und Verfahren der angewandten Informatik (z.B. Floyd, 1997; Humbert, 2002; Schubert & Schwill, 2011) wie auch die damit verbundenen Prozesse der Datafizierung nehmen insofern immer schon Bezug auf vorgängige Modellierungskonzepte und hiermit verbundene Paradigmen der Programmierung. Datafizierung erfordert in diesem Sinne bereits auf technischer Ebene die Festlegung jener Einheiten (etwa in Form von Objekten, Klassen, Prädikaten, Rollen, Relationen, Funktionen, Operationen etc.), auf deren Grundlage es im Weiteren gilt, den jeweiligen Anwendungsbereich zu modellieren (z.B. Agre, 1994; Floyd, 2002). Die Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes repräsentationales Format und eine entsprechende Ontologie ist dabei kein isolierter Vorgang, sondern selbst wiederum abhängig von den jeweiligen technischen Gegebenheiten, wie etwa der Verfügbarkeit geeigneter Algorithmen, ausreichenden Rechenkapazitäten, der Interoperabilität mit anderen Elementen des jeweiligen digitalen Ökosystems, in das ein bestimmtes Produkt integriert werden soll, wie auch den diesbezüglichen Kompetenzen zur Entwicklung und Nutzung entsprechender Technologien (vgl. Mongili & Pellegrino, 2014). Die Reichweite der hiermit verknüpften technischen Entwicklungslinien zeigt sich nicht zuletzt in der Bedeutung unterschiedlicher Paradigmen der informatischen Modellbildung, etwa der Objektorientierten Programmierung (OOP) und der hiermit verbundenen Modellierung von informatischen Anwendungsfeldern in Form in sich geschlossener und klassifizierbarer Objekte. So existieren durchaus informatische Alternativen zu einer Objektorientierten Programmierung und Modellierung; sie finden aber nur marginale Beachtung und Verwendung, da sie sich nicht oder nur mit großem Aufwand in das bestehende objektorientierte technische Ökosystem integrieren lassen (vgl. Steimann, 2000; Dourish, 2010).

Dies hier nur in aller Kürze umrissenen Überlegungen zur technischen Dimension der Daten als Teil informatischer Modellbildung machen deutlich, dass sich die Prozesse der Datafizierung nicht auf Fragen der Festschreibung und Quantifizierung reduzieren lassen, sondern sie vielmehr einen Vorgang der Übersetzung markieren, in der sich bestimmte Formen der Weltaufordnung artikulieren und (re-)produziert werden. Der hierzu notwendige Rückgriff auf repräsentationale Formate verweist zudem auf die spezifischen Grenzen der Formbarkeit des Digitalen.

2. Die Abschirmung des technischen Kerns

Die Betrachtung der Datafizierung als einem Prozess der technischen Welterzeugung erschöpft sich jedoch nicht in der Übersetzung von Ereignissen oder Eigenschaften von Dingen in eine bestimmte repräsentationale Form und die Herstellung technischer Anschlussfähigkeiten. Die technische Festlegung auf eine spezifische repräsentationale Form erfordert vielmehr immer auch eine praktische Anschlussfähigkeit, sie erfordert die Ausbildung sozialer Praktiken, die auf den Umgang mit den jeweiligen repräsentationalen Formen abgestimmt sind und ihrem Gebrauch einen praktischen Sinn verleihen. Mit Bezug auf die Datafizierung von Lern- und Bildungsprozessen zieht dies somit auch die Frage nach sich, welche sozialen Praktiken die datengetriebenen Technologien in den jeweiligen Lern- und Bildungskontexten als sinnhaft erscheinen lassen und wie diese sozialen Praktiken aufrechterhalten und unter Zutun aller Akteure permanent hervorgebracht werden. Insofern im Zuge der informatischen Modellbildung nicht nur bestimmte Aspekte sozialer Praxis in abstrahierter und formalisierter Weise repräsentiert werden, sondern diese Repräsentationen selbst wieder zu einem Gegenstand praktischer Auseinandersetzungen werden, ist der Datafizierung (wie allen Formen der Technisierung) ein reflexives Moment eigen (vgl. Lehman, 1980; Agre, 1994), das sich selbst nicht technisch einfangen lässt, sondern einer praktischen »Abschirmung des technischen Kerns« (Schulz-Schaeffer, 2004, S. 119) bedarf. Diese Abschirmung des technischen Kerns umfasst dabei all jene praktischen Gepflogenheiten und Leistungen der Anwender:innen, die erforderlich sind, um »die verbleibende Uneindeutigkeit und Unvollständigkeit stillschweigend [zu] beseitig[en], die jede explizite Regel aufweist, sobald sie auf eine Situation trifft, deren Eintreten bei ihrer Formulierung nicht berücksichtigt wurde« (Schulz-Schaeffer, 2004, S. 122). Die praktische Abschirmung des technischen Kerns ist insofern nicht nur grundlegende Voraussetzung dafür, einer Technologie eine praktische Bedeutung zu verleihen, sondern auch zur Sicherstellung ihrer technischen Funktionsweise.

Die hier gemeinte reflexive Verschränkung von Technik und Praxis im Sinne einer »doppelten Objektivierung« (Schulz-Schaeffer & Rammert, 2019) beziehungsweise eines »transduktiven Prozesses« (Mackenzie, 2005) lässt sich am Beispiel der Erstellung digitaler Freihandskizzen veranschaulichen. Eine Möglichkeit der technischen Realisierung entsprechender Anwendungen besteht in der Übersetzung der manuellen Eingaben in digitale Vektorobjekte als repräsentationalem Format. Die auf diese Weise generierten »digitalen Linienzüge« ermöglichen die Durchführung einer Vielzahl von Operationen, etwa der Auswahl, Skalierung oder Rotation. Zugleich erfordern sie jedoch die Zerlegung der Eingabe in eine Reihe diskreter Koordinaten sowie Angaben zur Form des Linienzugs zwischen den Koordinatenpunkten sowie ggf. weitere Informationen, etwa zur Strichstärke oder der Deckkraft, die ausschlaggebend sind für das visuelle Erscheinungsbild der jeweiligen Skizze. Für

die Praxis des Skizzierens resultiert hieraus die Notwendigkeit einer unweigerlichen, wenn auch nicht notwendigerweise bewussten, Auseinandersetzung mit den in der Technologie realisierten Formen der Übersetzung. So sind nicht nur die verfügbaren Operationen in den Prozess des Skizzierens zu integrieren, etwa die Möglichkeit zur Auswahl und nachträglichen Bearbeitung einzelner Linienzüge, sondern das Bild der Linie ist auch mit den Vorstellungen eines eigenen Stils in Verbindung zu bringen, wobei die spezifische Form der Modellierung als hilfreich, aber auch als irritierend erlebt werden kann (ausführlicher hierzu Richter, 2020).

Der Einsatz bestimmter repräsentationaler Formate hat, wie das Beispiel des Skizzierens verdeutlicht, einen wesentlichen Einfluss darauf, welche Operationen für die Anwender:innen verfügbar gemacht werden können. Diese Operationen sind dabei niemals einfach nur technische Destillate praktischen Tuns, wie dies oftmals durch entsprechende Bezeichnungen auf der Ebene der Benutzungsschnittstellen suggeriert wird, sondern sie sind in hohem Maße abhängig von den Eigenschaften der zugrundeliegenden repräsentationalen Formate. So ist etwa die Metapher eines Radiergummis in Bezug auf eine digitale Vektorgrafik ambivalent, da im Unterschied zum physischen Radiergummi unklar ist, ob sich der Vorgang des ›Ausradierens‹ auf den gesamten Linienzug oder nur einen Teilabschnitt beziehen soll. Neben der ›Digitalisierung‹ bestehender Operationen eröffnen digitale Repräsentationsformate, wie das Beispiel ebenfalls verdeutlicht, aber auch die Möglichkeit zur Realisierung gänzlich neuer Operationen, etwa der nachträglichen Umformung eines Linienzugs. In beiden Fällen ist es aber notwendig, dass die Anwender:innen einen Weg finden, die ihnen technisch verfügbaren Operationen in die jeweilige soziale Praktik zu integrieren. Neben der ›Einarbeitung‹ in die jeweiligen Technologien ist hierzu in vielen Fällen auch eine Re-Organisation des praktischen Tuns erforderlich.

Die reflexive Verschränkung von Technik und Praxis erschöpft sich jedoch nicht in der praktischen Aneignung repräsentationaler Formen im Sinne einer ›instrumental genesis‹ (Béguin & Rabardel, 2000). Die praktische Abschirmung des technischen Kerns datenbasierter Technologien erfordert von den Anwender:innen vielmehr, sich die Welt durch die jeweilige repräsentationale Form zu erschließen. Für diejenigen, die mit digitalen Werkzeugen skizzieren, gibt es keine andere Linie als die, die in den Daten repräsentiert wird und damit auch keinen anderen persönlichen Stil. Die technisch realisierten repräsentationalen Formate entsprechen in diesem Sinne genau dem, was Oswald Schwemmer (2005, S. 55) als die »Formbildungsmöglichkeiten eines Mediums« bezeichnet hat, jene Materialitäten, in denen und durch die wir uns artikulieren (vgl. Jörissen, 2015). Die kollektive Aneignung und der institutionalisierte Gebrauch neuer repräsentationaler Formate verschiebt insofern sowohl die epistemischen wie auch die ontologischen Verhältnisse, innerhalb derer sich soziale Praktiken re-produzieren (vgl. Dourish & Mazmanian, 2013).

Trotz ihrer reflexiven Verschränkung sind digitale Technologien, Daten und soziale Praktiken jedoch nicht miteinander identisch. Nicht zuletzt der Umstand, dass wir es auch im Digitalen mit verschiedenen, nicht ineinander überführbaren repräsentationalen Formen zu tun haben, verweist auf die Kontingenz der zugrundeliegenden technologischen wie auch praktischen Entwicklungslinien. Die hier skizzierte Lesart der Datafizierung als einer Form der technischen Welterzeugung hebt vielmehr hervor, dass es einen uneinholbaren »Spielraum zwischen tatsächlichen Praktiken und ihrer Verdattung gibt« (Paßmann & Gerlitz, 2014, S. 3). Diesen Spielraum in den Blick zu nehmen und offen zu halten, sehen wir als eine zentrale Aufgabe für die pädagogische und bildungsinformatische Auseinandersetzung mit Prozessen der Datafizierung und Digitalisierung.

3. Die Datafizierung von Lernressourcen und Lernprozessen mit LOM und xAPI

Ausgehend von den vorangestellten Überlegungen möchten wir im Folgenden anhand von zwei Beispielen aus dem Bildungsbereich die Bedeutung repräsentationaler Formate für eine kritische Auseinandersetzung mit Fragen der Datafizierung verdeutlichen. Das erste Beispiel bezieht sich mit dem »Standard for Learning Objects Metadata« auf die Datafizierung von Lernressourcen, während das zweite Beispiel mit der »Experience Application Programming Interface« (xAPI) als einer Spezifikation zur Dokumentation von Lernprozessen befasst. Wir haben diese beiden Beispiele gewählt, da sich an ihnen zum einen die jeweiligen technologischen wie auch praktisch/kulturellen Entwicklungslinien sehr anschaulich nachzeichnen lassen und sie zum anderen verdeutlichen, dass Prozesse der Datafizierung nicht mit der Digitalisierung enden.

3.1 Learning Objects Metadata (LOM)

Mit der rasanten Ausbreitung des World Wide Web stellte sich seit Mitte der 1990er Jahre vermehrt die Frage, wie sich die über das Netz verteilten digitalen Inhalte und Ressourcen für Trainings-, Lern- oder Bildungszwecke erschließen lassen, sodass sie geteilt und wiederverwendet werden können. Vor diesem Hintergrund machten sich in den Folgejahren verschiedene Initiativen daran, Metadatenspezifikationen zu entwickeln, um mit deren Hilfe die sogenannten »Lernobjekte« (learning objects) in einer einheitlichen Weise beschreiben zu können (vgl. Duval, 1999; Friesen, 2001). Aus diesen Initiativen resultierte schließlich der 2002 von der IEEE LTSC Learning Object Metadata group verabschiedete »Standard for Learning Objects Metadata«, kurz LOM, der darauf ausgelegt ist, den Austausch, die Suche, Beschaffung und Nutzung von Lernobjekten zu fördern (IEEE LTSC, 2002). LOM stellt hierzu

ein allgemeines Datenmodell zur Verfügung, mit dessen Hilfe sich lernbezogenen Ressourcen anhand von neun Kategorien beschreiben lassen. Neben grundlegenden Informationen umfassen diese Kategorien Angaben zum Lebenszyklus, zu den Metadaten, zu technischen und pädagogischen Merkmalen, zu rechtlichen Fragen, verwandten Ressourcen, Anmerkungen und Einordnungen in Klassifizierungssysteme.

Obwohl in der Präambel von LOM Lernobjekte sehr allgemein als »any entity, digital or non-digital, that can be used, re-used or referenced during technology-supported learning« definiert sind (IEEE LTSC, 2002), verweist der bildungstechnologische Diskurs, innerhalb dessen der Standard entwickelt wurde, doch auf eine deutlich spezifischere Vorstellung dessen, was in diesem Zusammenhang unter einem Lernobjekt zu verstehen ist. Pithamber Polsani (2003, o.S.) bringt diese Vorstellung mit der Definition eines Lernobjekts als »an independent and self-standing unit of learning content that is predisposed to reuse in multiple instructional contexts« auf den Punkt. Die zugrundeliegende Überzeugung »that we can create independent chunks of educational content that provide an educational experience for some pedagogical purpose« (Quinn, 2000, o.S.) knüpft dabei unmittelbar an das informatische Paradigma der Objektorientierten Programmierung an (vgl. Robson, 1999; Wiley, 2002). Lernobjekte sind aus dieser Perspektive eindeutig identifizierbare, in sich geschlossene digitale Entitäten, die in modularer Weise re-organisiert werden können, technisch interoperabel sind und bestimmte Formen der Interaktion unterstützen (vgl. Friesen, 2001; Quinn, 2000). Für LOM als Standard zur Beschreibung von Lernobjekten ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, die jeweiligen Inhalte und Ressourcen als eigenständige »Objekte« zu beschreiben, die sich losgelöst von ihrem jeweiligen Verwendungskontext dokumentieren lassen. So müssen in diesem Format beispielsweise die in einem Lernobjekt adressierten Themen oder deren »semantische Dichte« als der jeweiligen Ressource inhärent angenommen werden.

Wie in der Diskussion um die Entwicklung von LOM deutlich wird, geht es hierbei letztlich weniger darum, bereits vorhandene Inhalte und Ressourcen auffindbar zu machen, als vielmehr darum ein »completely new conceptual model for the mass of content used in the context of learning« zu etablieren, so Wayne Hodgins (2002, S. 281), der Vorsitzende der IEEE LTSC Learning Object Metadata group. Die Wiederverwendbarkeit der Lernobjekte, die Hodgins auch mit der Metapher einer Sammlung von LEGO-Steinen für Wissen umschreibt (Hodgins, 2002, S. 286), ergibt sich dabei nicht allein aus ihrer Beschreibung, sondern impliziert zugleich ihre inhaltliche wie auch formale Geschlossenheit und Modularität. Um möglichst umfassend wiederverwendet und rekombiniert werden zu können, dürfen Lernobjekte entsprechend dieser Idee weder zu groß sein noch inhaltliche Referenzen auf andere Objekte beinhalten. Das repräsentationale Format, um das es uns hier geht, ist in diesem Sinne nicht LOM als ein Standard, sondern die zugrundeliegende Kon-

zeption von Lerninhalten und -ressourcen als in sich geschlossene und wiederverwendbare Objekte. Obwohl diese repräsentationale Konzeption vielfältige Fragen und Probleme nach sich zieht, wird sie unter hohem Aufwand und Einsatz unzähliger Akteure aus verschiedenen Disziplinen und Institutionen fortlaufend aufrechterhalten.

Um Lernobjekte praktisch nutzbar zu machen, reicht eine rein technische Erschließung von Lerninhalten und -ressourcen nicht aus. Vielmehr zieht die Konzeption von Lernobjekten als in sich geschlossenen Entitäten unmittelbar die Frage nach sich, wie sich die hiermit verbundene inhaltliche und formale Dekontextualisierung praktisch auffangen lässt (z.B. Wiley, 2003). So haben etwa Instruktionsdesigner wie Warren Longmire (2000) argumentiert, dass es für die Herstellung wiederverwendbarer und rekombinierbarer Lernobjekte nicht nur eines Verzichts auf inhaltliche Querverweise, sondern unter anderem auch der konsistenten Verwendung von Begriffen innerhalb eines Themenfeldes, der Darstellung von Informationen in einer möglichst zugänglichen Form und eines einheitlichen Sprachstils bedürfe. Unabhängig davon, ob eine derartige inhaltliche und formale Vereinheitlichung von Lernobjekten tatsächlich realisierbar ist, erfordert ihr Einsatz aber in jedem Fall eine praktische Rückbindung und Rekontextualisierung in Bezug auf den jeweiligen Lernkontext (vgl. Friesen, 2001; Wiley, 2003).

Auch wenn die um die Jahrtausendwende intensiv geführte bildungstechnologische Diskussion um die Bedeutung von Lernobjekten von anderen Themen verdrängt worden ist und LOM auch weiterhin mit verschiedensten Spezifikationen in Konkurrenz steht, ist das zugrundeliegende repräsentationale Format, nämlich die Vorstellung, dass sich Lerninhalte und -ressourcen als in sich geschlossene und kontextfreie Objekte begreifen lassen, ungebrochen. Das repräsentationale Format der Lernobjekte zieht sich wie ein roter Faden durch die immer noch aktuellen Diskurse um die automatische Erschließung von Lernmaterialien, die Gestaltung und Nutzung von Open Educational Resources bis hin zur Personalisierung von Lernpfaden. Neben der technischen Verwurzelung im Paradigma der Objektorientierten Programmierung wird in der Entwicklung von LOM auch deutlich, wie die Entwicklung und Etablierung repräsentationaler Formate zur Entstehung neuer Arten von Dingen und daran anschließender Praktiken führen kann. Darüber hinaus – und dies ist der springende Punkt – ist es in der Diskussion um das Konzept der Lernobjekte nie zu einer eingehenderen Auseinandersetzung mit der Frage gekommen, ob eine andere repräsentationale Form technisch möglich und praktisch anschlussfähig sein könnte, ob es möglich wäre, digitale Inhalte und Ressourcen technisch für Lern- und Bildungsprozesse zu erschließen, ohne ihre kontextuelle Gebundenheit zu unterlaufen (vgl. Allert, 2004). Die technische Entwicklung trifft vielmehr auf ein praktisches Milieu, in dem die Standardisierung, Modularisierung und Personalisierung von Lernangeboten als sinnhaft, wenn nicht gar als unabdingbar angesehen wird.

3.2 Experience Application Programming Interface (xAPI)

Im Unterschied zu LOM bezieht sich das zweite Beispiel, die sogenannte ›Experience API‹ (xAPI), nicht auf die standardisierte Beschreibung von Lernobjekten, sondern auf die systematische Aufzeichnung und Dokumentation von Lernprozessen. Im Kern besteht das Ziel von xAPI darin, ein konsistentes Datenformat zu schaffen, mit dessen Hilfe sich ein möglichst breites Spektrum an Aktivitäten beziehungsweise Lernerfahrungen (Experiences) einer Person, die sie sowohl online wie auch offline macht, dokumentieren, aggregieren und analysieren lässt (Rustici Software, o.J.d). Als plattformunabhängiges Datenformat bildet xAPI hierbei ein wichtiges Element zur Entwicklung von Technologien und Verfahren im Bereich der Learning Analytics, in denen Daten aus unterschiedlichen Quellen kombiniert und gemeinsam analysiert werden sollen. Einen wichtigen Ausgangspunkt für die Entwicklung von xAPI, die 2010 als Projekt ›Tin Can‹ begann (Rustici Software, o.J.b) und sich aktuell im Prozess der Anerkennung durch das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) befindet (IEEE LTSC, 2020), bildete die Feststellung, dass sich Lernprozesse nicht zuletzt durch die Verbreitung kollaborativer, mobiler, cloudbasierter und hybrider Lern- und Arbeitsumgebungen in zunehmendem Maße über unterschiedliche Plattformen verteilen (vgl. Rustici Software, o.J.e; Griffiths, 2020).

Um eine entsprechende plattformübergreifende Dokumentation und Analyse individueller Lernerfahrungen zu ermöglichen, sieht xAPI vor, dass die von unterschiedlichen Anwendungen über dezidierte Eingaben oder auch automatisiert erfasst Daten an einen ›Learning Record Store‹ übermittelt werden, der die Daten aggregiert und für weitere Anwendungen, etwa personalisierte Lernangebote, zur Verfügung stellt (Rustici Software, o.J.a). Die Dokumentation und Weitergabe der Daten erfolgen in Form sogenannter ›xAPI-Statements‹. Um mit xAPI konform zu sein, müssen diese Statements – hierin besteht der repräsentationale Kerngedanke – in ihrer einfachsten Form Angaben zu einem ›Akteur‹, einem ›Verb‹ und einem ›Objekt‹ enthalten (Rustici Software, o.J.f). Entsprechend lässt sich etwa die Aussage ›Christoph liest das Buch ›Die Herrschaft der Regel‹‹ als ein (informelles) xAPI-Statement verstehen. Falls erforderlich, kann ein xAPI-Statement auch Informationen über den Kontext, in dem eine Aktivität stattgefunden hat, sowie über die aus der jeweiligen Aktivität resultierenden Ergebnisse enthalten. Darüber hinaus können xAPI-Statements auch Informationen darüber enthalten, wann ein Ereignis eingetreten ist, wann der Datensatz gespeichert wurde und eine Institution benennen, die dessen Korrektheit bestätigt (ADL, 2016).

Wenngleich xAPI zunächst nur ein generisches Format zur Dokumentation von Lernprozessen darstellt, das für den konkreten Einsatz um weiterführende Spezifikation, etwa zu den konkreten Vokabularen für Verben und Objekten, zu ergänzen ist (vgl. Bakharia et al., 2016), so realisiert xAPI dennoch ein spezifisches repräsen-

tationales Format. Dieses Format, das keine eigene Erfindung von xAPI ist, sondern aus der W3C Activity Streams-Spezifikation zu Aggregation von Aktivitäten in Sozialen Medien (W3C, 2017) abgeleitet wurde, basiert im Kern auf eben jener Idee, dass sich Lernprozesse als eine Kette von Lernerfahrungen beschreiben lassen, in denen jeweils ein Akteur etwas mit einem Objekt tut. Dieses repräsentationale Format bezieht seine Plausibilität dabei nicht zuletzt aus seiner vermeintlichen Nähe zur syntaktischen Grundstruktur der englischen Sprache (z.B. Kevan & Ryan, 2016). Bei genauerer Betrachtung beschränkt es sich jedoch auf Verben mit einer transitiven Grundstruktur und damit auf Aktivitäten, die auf ein identifizierbares und von den beteiligten Akteur:innen abgrenzbares Objekt verweisen (vgl. Jornt & Roth, 2018). Oder anders ausgedrückt, xAPI basiert auf der Annahme, dass sowohl die lernenden Akteur:innen wie auch die Objekte (und deren jeweilige Eigenschaften), an denen die jeweiligen Aktivitäten durchgeführt werden, dem jeweiligen Lernereignis vorausgehen und insofern unabhängig von ihm existieren. Zudem unterstellt xAPI, dass sich die jeweiligen Aktivitäten unter Rückgriff auf zu vereinbarende Vokabulare typisieren und damit in kontextunabhängiger Weise beschreiben lassen, sodass aus dieser Perspektive eine ›Aktivität‹ letztlich nichts anderes ist als »an abstraction of something that can be done (performed) by an individual« (Silvers, 2011).

Als generisches Datenformat ist xAPI nicht unmittelbar ›einsatzfähig‹, sondern bedarf vielmehr einer Reihe technischer Übersetzungsschritte, damit entsprechende Datenobjekte generiert und ausgetauscht werden können. So setzt der Einsatz von xAPI zunächst, wie bereits angedeutet, die Entwicklung und Vereinbarung konkreter Vokabulare voraus. Nur jene Aktivitäten, die als Verben in den Vokabularen definiert wurden, können dokumentiert werden. So setzt etwa die Dokumentation des Sachverhalts »Christoph liest das Buch ›Die Herrschaft der Regel‹« voraus, dass ›lesen‹ als Verb im Vokabular enthalten ist. Für die technische Umsetzung ist zudem eine operationale Spezifikation erforderlich, aus der hervorgeht, woran sich das Vorliegen einer Aktivität wie dem Lesen eines Buchs in technisch objektivierter Weise dokumentieren lässt. Schließlich muss die operationale Spezifikation in ausführbaren Code übersetzt werden, sodass beispielsweise ein eBook-Reader ein entsprechendes xAPI-Statement an einen Learning Record Store übermitteln kann (vgl. Richter, Raffel & Allert, 2021). Neben diesen technischen Übersetzungsleistungen erfordert der Einsatz von xAPI aber auch ein praktisches Verständnis für den mit diesem Format assoziierten Mehrwert oder, in den Worten der Verfasser, eines »xAPI mindsets« (Rustici Software, o.J.f), in dem es hinsichtlich jeder möglichen Erfahrung zu prüfen gilt, »what useful data could be collected about that experience, how the experience might be altered based on data from other experiences and how data from different experiences might be compared within your analytics« (Rustici Software, o.J.f).

In seiner Zielsetzung schreibt xAPI das bildungstechnologische Narrativ zur Schaffung personalisierter, lebensphasenüberspannender und an den individu-

ellen Bedürfnissen ausgerichteter Lernpfade auf infrastruktureller Ebene fort. Insofern ist es nicht verwunderlich, das xAPI auch als Referenz für aktuelle Technologieentwicklungsvorhaben, etwa der Nationalen Bildungsplattform (BMBF, 2021), dient. Ähnlich wie bei LOM spiegelt sich auch in der Entwicklung von xAPI der Versuch wider, Lernprozesse in eine Kette distinkter Elemente oder Schritte zu zergliedern, die sich als ›abstrakte Aktivitäten‹ unabhängig von ihrer konkreten Ausführung beschreiben und damit technisch erschließen lassen. Die Medialität der Beschreibung, der Umstand, dass die technischen Vorgaben maßgeblich dafür verantwortlich sind, was als Lernprozess überhaupt dokumentierbar wird, gerät damit aus dem Blick. Darüber hinaus marginalisiert xAPI als repräsentationales Format all jene Prozesse, die nicht transitiver Art sind und sich entsprechend der Syntax aus Akteur, Verb und Objekt entziehen. Dies betrifft damit nicht zuletzt Prozesse der gemeinsamen Sinnstiftung, der Verhandlung wie auch der kreativen Zusammenarbeit (vgl. Baker, 2000).

4. Von der Illusion der Regel zu einer bildungsinformatischen Datenkritik

Die im Rahmen dieses Aufsatzes skizzierte Annäherung an Prozesse der Datafizierung von Lern- und Bildungsprozessen ist Teil eines breiter angelegten Versuchs, die digitalen Technologieverhältnisse auszuloten, ohne dabei der Gefahr zu erliegen, soziale Praktiken und Technologien ineinander aufzulösen (vgl. Richter & Alpert, 2020; 2022). Die vorliegende Skizze zielt entsprechend darauf ab, einen analytischen Zugang zu finden, der es ermöglicht, nicht nur die soziale, sondern auch die technische Dimension von Daten und ihrer Genese in den Blick zu nehmen. Aus pädagogischer Perspektive geht es uns hierbei darum, neben der sozialen ›Gemachtheit der Daten‹ auch jene technischen Entwicklungslinien nachzuzeichnen, auf deren Grundlage Daten ihre je spezifische Form erlangen und auf diesem Wege nicht nur zum Gegenstand, sondern auch zur Voraussetzung und zum Motiv sozialer Praktiken werden. Neben dem reduktiven Moment der Datafizierung als einer modellhaft verkürzten Darstellung von Realität rückt damit auch das produktive Moment der Daten als Produkt technischer Welterzeugung in den Blick.

Ausgehend von der Betrachtung der Datafizierung als einem integralen Moment der informatischen Modellbildung bietet das Konzept der repräsentationalen Form eine Möglichkeit, (digitale) Daten nicht nur als Informationsträger, sondern auch als materielle Entitäten zu begreifen, die nicht beliebig formbar sind und damit auch nicht beliebig verarbeitet werden können. Im Unterschied zur Vorstellung von Daten als transparenten Repräsentationen einer vorgängigen sozialen Realität wie auch der Idee von Daten als Ausdruck einer sozial konstruierten Wirklichkeit rückt damit der Umstand in den Blick, dass die mit der Datafizierung

einhergehenden Prozesse der Abstraktion und Formalisierung immer schon an bestehende Formate und mit ihnen verknüpfte Ontologien gebunden sind. Prozesse der Datafizierung sind in diesem Sinne nicht nur Voraussetzung für, sondern auch Fortführung vorangegangener Formen einer technischen Welterzeugung. Neben den hiermit verbundenen technischen Entwicklungslinien bedürfen Prozesse der Datafizierung, wie wir an den Beispielen von LOM und xAPI zu zeigen versucht haben, aber immer auch eines (kontinuierlich zu schaffenden) praktischen ›Milieus‹, in dem Daten nicht nur genutzt, sondern als sinnhafte Formen verstanden werden, um Welt zu begreifen. So wie LOM es erfordert, Lerninhalte in abgrenzbare und kontextunabhängige Entitäten zu gliedern, setzt xAPI ein Verständnis von Lernen voraus, dass sich in einer Kette dokumentierbarer Ereignisse abbilden lässt. Dieses repräsentationale Format erfordert eine Sicht, in der die Akteur:innen und Objekte als dem Lernprozess vorgängig beschreiben lassen und auch im Prozess des Lernens als solcher keiner Transformation unterliegen, der an ihrer Identität rühren würde.

Das Konzept der repräsentationalen Form betont zwar die reflexive Verschränkung von Technik und Praxis, beharrt aber zugleich auf ihrer Differenz und wider setzt sich damit einer technischen Vorentscheidung der Praxis (vgl. Mersch, 2016). Die in diesem Aufsatz vorgeschlagene Annäherung an Datafizierung als einem Prozess der technischen Welterzeugung verweist vielmehr auf jene uneinholbare Differenz, jenen ›Spielraum‹ (Paßmann & Gerlitz, 2014) zwischen einer sozialen Praktik und ihrer technischen Repräsentation, der sich daraus ergibt, dass Daten in ihrer praktischen Verwendung zu einem Teil jenes Gegenstandsbereichs werden, den sie abzubilden vorgeben (vgl. Lehman, 1980; Agre, 1994). In diesem Sinne dienen repräsentationale Formate wie LOM oder xAPI nicht einfach der zweckgebundenen Darstellung des ›Gegebenen‹, sondern werden selbst zu einem performativen Bestandteil der bildungstechnologischen Arrangements, innerhalb derer sich Lernprozesse vollziehen. Insofern jedoch nur jene Aspekte zum Gegenstand informatischer Modellbildungen werden können, die sich in regelhafter Form abbilden lassen und somit der Abstraktion und Formalisierung zugänglich sind, manifestiert sich in den Prozessen der Datafizierung zugleich immer auch das, was wir im Anschluss an die Überlegungen von Ingo Schulz-Schaeffer (2004) als die ›Illusion der Regel‹ bezeichnen möchten. Datafizierung basiert aus technischer Perspektive auf der Annahme, dass sich alle für die (technische) Erschließung eines Gegenstandsbereichs relevanten Aspekte unter Rückgriff auf ein repräsentationales Format und damit in geregelter Form erfassen lassen. Diese Annahme hat einen illusionären Charakter, da sie die Regeln als gegeben voraussetzen und damit sowohl andere Ordnungen wie auch die Möglichkeit einer grundlegenden Unordnung und Überschüssigkeit der (sozialen) Welt ausblenden muss.

Zugleich, und dies scheint uns der aus bildungsinformatischer Perspektive zentrale Punkt zu sein, wird aus der Illusion der Regel im Zuge der Technikgenese

und damit auch der Datafizierung von Lern- und Bildungsprozessen eine empirische Realität, die einer praktischen Bezugnahme und Auseinandersetzung bedarf (vgl. Schulz-Schaeffer, 2004). Gerade die Notwendigkeit, den technischen Kern auf praktischer Ebene gegen jene Aspekte sozialer Praxis abzuschirmen, die sich nicht in regelhafter Weise abbilden lassen, wirft die Frage nach jenen »kulturellen Möglichkeitsbedingungen« (Jörissen, 2016b, S. 26) auf, die vorliegen müssen, damit eine bestimmte repräsentationale Form nicht nur technisch, sondern auch praktisch anschlussfähig werden kann. Diese Frage reicht, wie wir argumentiert haben, weit über die instrumentelle Aneignung der Technik hinaus und betrifft nicht zuletzt unsere individuellen und kollektiven Selbstverständnisse, die Arten und Weisen, wie wir Welt epistemisch und ontologisch organisieren, wie auch unsere Vorstellungen bezüglich der Regelhaftigkeit und Erwartbarkeit unseres sozialen Miteinanders. Aus dieser Perspektive ist eine Auseinandersetzung mit der Datafizierung von Lern- und Bildungsprozessen nicht abzulösen von den in sozialen Praktiken tradierten und institutionalisierten Verständnissen von Lernen und Bildung. Entsprechend ist nicht nur zu fragen, welche Formen des Lernens und der Bildung bestimmte Technologien fördern, sondern auch wie und warum diese für uns praktisch (nicht) anschlussfähig sind.

5. Fazit

Mit der vorgeschlagenen Konzeption der Datafizierung als integralem Moment informatischer Modellbildung eröffnet sich auch die Möglichkeit einer bildungsinformatischen Datenkritik. Zentraler Ansatzpunkt hierfür ist die Einsicht, dass Daten nicht nur das Produkt sozialer, sondern auch technischer Entwicklungen sind, die Daten, vermittelt über die jeweiligen repräsentationalen Formate, materielle Qualitäten verleihen, die nicht beliebig gestaltbar sind. Eine entsprechende bildungsinformatische Datenkritik erkennt die »Illusion der Regel« und damit verbunden die Reduktion des Praktischen auf das, was sich im Rahmen gegebener Formate repräsentieren lässt, an. Sie verweigert sich aber der Auflösung der Technik in den jeweiligen Datenpraktiken und lenkt den Blick damit auf jene Spannungsfelder und Spielräume, in denen Differenzen deutlich werden zwischen dem, was technisch möglich und dem was praktisch sinnhaft ist. Sie beharrt auf der Eigensinnigkeit und Widerständigkeit der Technik, die sich nicht in den Wünschen und Ideen ihrer Entwickler:innen erschöpft und auch nicht ein bloßer Ausdruck der gesellschaftlichen Verhältnisse ist, sondern ihren eigenen Entwicklungslinien folgt. Eine bildungsinformatische Datenkritik löst sich dabei von einer ahistorischen Betrachtung datenbasierter Werkzeuge, Anwendungen und Praktiken und richtet den Fokus auf die zugrundeliegenden techniken genetischen Entwicklungspfade, auf denen sich repräsentationale Formate und die auf sie bezogenen technischen sowie praktischen Milieus

ausgebildet haben (vgl. Richter, 2022). Indem sie auf die technische Notwendigkeit repräsentationaler Formate verweist, richtet sie sich gegen die Vorstellung des Digitalen als einem einheitlichen aber beliebig formbaren Medium. Sie verweigert sich damit zudem der Idee der Datafizierung und Digitalisierungen als Ausdruck einer einheitlichen Technologie und betont stattdessen die Möglichkeit alternativer Formate und damit nicht nur die Möglichkeit anderer Formen der technischen Weiterzeugung, sondern auch anderer Formen der Praxis, des sozialen Miteinanders wie auch von Subjektivierung.

Das, was aus pädagogischer Sicht an den Themen der Datafizierung und Vermessung beschäftigt und irritiert, ist vor dem Hintergrund der hier skizzierten Position nicht die Idee der Datafizierung von Lern- und Bildungsprozessen an sich, sondern die Vorstellung der Regel als Lösungsversprechen und Zielhorizont. Während die ›Utopie der Regel‹ (Graeber, 2016) aus technologischer Sicht hilfreich erscheinen mag, ist sie mit der Vorstellung von Bildung als einem offenen und transgressiven Prozess unvereinbar. Das Offenhalten der Differenz zwischen Technologie bzw. Modell und sozialer Praxis ist somit eine grundlegende pädagogische Aufgabe.

Literatur

- ADL (2016). *Experience API – version 1.0.3*. <https://github.com/adlnet/xAPI-Spec> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Agre, P. E. (1994). *Surveillance and capture: Two models of privacy*. *The Information Society*, 10(2), 101–127. doi.org/10.1080/01972243.1994.9960162
- Allert, H. (2004). Coherent Social Systems for Learning: An Approach for Contextualized and Community-Centred Metadata. *Journal of Interactive Media in Education*, 2004(2), 7.
- Baker, M. J. (2000). The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: A prospective view. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 122–143.
- Bakharia, A., Kitto, K., Pardo, A., Gašević, D., & Dawson, S. (2016). Recipe for success: Lessons learnt from using xAPI within the connected learning analytics toolkit. *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge – LAK '16*, 378–382. doi.org/10.1145/2883851.2883882
- Béguin, P., & Rabardel, P. (2000). Designing for Instrument-Mediated Activity. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 12, 173–190.
- BMBF. (2021). *Neue Bekanntmachung zum Aufbau einer digitalen Bildungsplattform*. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/neue-bekanntmachung-zum-aufbau-er-digitalen-bildungsplattform.html> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)

- Dander, V. (2014). Von der ›Macht der Daten‹ zur ›Gemachtheit von Daten‹. Praktische Datenkritik als Gegenstand der Medienpädagogik. *Mediale Kontrolle unter Beobachtung*, 3(1), 0–21.
- Decuyper, M. (2021). The Topologies of Data Practices: A Methodological Introduction. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 10(1), 67–84.
- Dourish, P. (2010). ›Computational Thinking‹ and the Postcolonial in the Teaching From Country Programme. *Learning Communities: International Journal of Learning in Social Contexts*, 2, 91–101.
- Dourish, P. (2017). *The stuff of bits: An essay on the materialities of information*. The MIT Press.
- Dourish, P., & Mazmanian, M. (2013). Media as Material: Information Representations as Material Foundations for Organizational Practice. In P. R. Carlile, D. Nicolini, A. Langley, & H. Tsoukas (Hg.), *How Matter Matters—Objects, Artifacts, and Materiality in Organization Studies* (S. 92–118). Oxford University Press.
- Duval, E. (1999). An Open Infrastructure for Learning—The ARIADNE project—Share and Reuse without boundaries. *Proceedings of ENABLE99—Enabling Network-Based Learning*, 144–151. <http://www.enable.evitech.fi/enable99/papers/duval/duval.html> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Floyd, C. (1997). Autooperationale Form und situiertes Handeln. *Cognitio Humana – XVII. Deutscher Kongress für Philosophie*, 237–252. doi.org/10.1515/9783050073651
- Floyd, C. (2002). Developing and Embedding Auto-Operational Form. In Y. Dittrich, C. Floyd, & R. Klischewski (Hg.), *Social Thinking—Software Practice* (S. 5–28). MIT Press.
- Friesen, N. (2001). What are Educational Objects? *Interactive Learning Environments*, 9(3), 219–230. doi.org/10.1076/ilee.9.3.219.3573
- Graeber, D. (2016). *Bürokratie. Die Utopie der Regeln*. Klett-Cotta.
- Griffiths, C. (2020). All About the LMS – Standards and Specifications. In D. Barreto, A. Rottmann, & S. Rabidoux (Hg.), *Learning Management Systems* (S. 60–85). EdTechBooks. https://edtechbooks.org/learning_management_systems (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Hartong, S. (2018). Towards a topological re-assemblage of education policy? Observing the implementation of performance data infrastructures and ›centers of calculation‹ in Germany. *Globalisation Societies and Education*, 16(1), 134–150.
- Hodgins, H. W. (2002). The Future of Learning Objects. In D. A. Wiley (Hg.), *The instructional use of learning objects* (1st ed, S. 281–298). Agency for Instructional Technology: Association for Educational Communications & Technology.
- Humbert, L. (2002). Informatik – übergreifende, einzigartige Metawissenschaft? Überlegungen und fachdidaktischer Kontext. In S. E. Schubert, J. Magenheimer, P. Hubwieser, & T. Brinda (Hg.), *Forschungsbeiträge zur »Didaktik der Informatik«—Theorie, Praxis, Evaluation* (S. 109–118). Gesellschaft für Informatik e.V.

- IEEE LTSC (2002). 1484.12.1-2002—IEEE Standard for Learning Object Metadata. doi.org/10.1109/IEEESTD.2002.94128 (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- IEEE LTSC (2020). P 92741.1 xAPI Base Standard. IEEE LTSC. <https://sagroups.ieee.org/9274-1-1/> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Jörissen, B. (2015). Transgressive Artikulation: Ästhetik und Medialität aus Perspektive der strukturalen Medienbildung. In M. Hagener & V. Hediger (Hg.), *Medienkultur und Bildung: Ästhetische Erziehung im Zeitalter digitaler Netzwerke* (S. 49–64). Campus Verlag.
- Jörissen, B. (2016). Digitale Medien und digitale Netzwerke: Herausforderungen für die Kulturelle Kinder- und Jugendbildung. In B. Kammerer (Hg.), *Nürnberger Forum der Kinder- und Jugendarbeit 2015* (S. 101–119). emwe-Verlag.
- Jörissen, B. (2016). ›Digitale Bildung‹ und die Genealogie digitaler Kultur: Historiographische Skizzen. *Medienpädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 25, 26–40.
- Jornet, A., & Roth, W.-M. (2018). Imagining design: Transitive and intransitive dimensions. *Design Studies*, 56, 28–53. doi.org/10.1016/j.destud.2018.02.002
- Kevan, J. M., & Ryan, P. R. (2016). Experience API: Flexible, Decentralized and Activity-Centric Data Collection. *Technology, Knowledge and Learning*, 21(1), 143–149. doi.org/10.1007/s10758-015-9260-x
- Krein, U., & Schiefner-Rohs, M. (2021). Data in Schools: (Changing) Practices and Blind Spots at a Glance. *Frontiers in Education*, 6, 672–666.
- Lauriault, T. P. (2018). Ontologizing the city. In R. Kitchin, T. P. Lauriault, & G. McArdle (Hg.), *Data and the city* (S. 171–186). Routledge.
- Lehman, M. M. (1980). Programs, Life Cycles, and Laws of Software Evolution. *Proceedings of the IEEE*, 68(9), 1060–1076.
- Löwgren, J., & Stolterman, E. (2004). *Thoughtful interaction design: A design perspective on information technology*. MIT Press.
- Longmire, W. (2000). A primer on learning objects. *Learning Circuits*, 3(1). <https://kennison.name/files/learning%2Flearning-object-design.pdf> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Mackenzie, A. (2005). Problematising the Technological: The Object as Event? *Social Epistemology*, 19(4), 381–399. <https://doi.org/10.1080/02691720500145589> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Mersch, D. (2016). Kritik der Operativität—Bemerkungen zu einem technologischen Imperativ. *Internationales Jahrbuch für Medienphilosophie*, 2(1), 31–52.
- Mongili, A., & Pellegrino, G. (2014). The boundaries of information infrastructures: An introduction. In A. Mongili & G. Pellegrino (Hg.), *Information Infrastructure (s): Boundaries, Ecologies, Multiplicity* (S. xviii–xlvi). Cambridge Scholars Publishing.
- Nake, F. (2001). Das algorithmische Zeichen. *GI Jahrestagung*, 2, 736–742.

- Paßmann, J., & Gerlitz, C. (2014). ›Good‹ platform-political reasons for ›bad‹ platform-data. Zur sozio-technischen Geschichte der Plattformaktivitäten. *Datenkritik*, 3(1), 1–40.
- Polsani, P. R. (2003). Use and Abuse of Reusable Learning Objects. *Journal of Digital Information*, 3(4), Article No. 164.
- Quinn, C. (2000). Formal Discussion Initiation—Learning Objects and Instruction Components. *International Forum of Educational Technology & Society*. http://ifets.ieee.org/discussions/discuss_feb2000.html, (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Rammert, W. (2007). Die Macht der Datenmacher in der fragmentierten Wissensgesellschaft. In *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik: Bd. 5.1: Systemische Räume* (S. 18–27). Akademie Verlag. doi.org/10.1515/9783110547429
- Richter, C. (2020). Digital sketching. Aesthetic practices and technological entanglements. *Ethnography and Education*, 15(3), 334–349.
- Richter, C. (2022). Soziale Medien und Digitale Technologien. In N. Böhnke, C. Richter, C. Schröder, M. Ide, & H. Allert (Hg.), *Spuren digitaler Artikulation—Interdisziplinäre Annäherungen an Soziale Medien als kultureller Bildungsraum* (S. 171–223). transcript Verlag.
- Richter, C., & Allert, H. (2020). Bildung an der Schnittstelle von kultureller Praxis und digitaler Kulturtechnik. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 39, 13–31.
- Richter, C., & Allert, H. (2022). Überlegungen zur Ästhetik digitaler Technologien aus einer technikgenetischen Perspektive. In M. Ide (Hg.), *Ästhetik digitaler Medien* (S. 153–179). transcript Verlag.
- Richter, C., Raffel, L., & Allert, H. (2021). Towards a Closer Look at the Pipes and Joints of Educational Data Infrastructures: A Technogenetic Analysis of the Experience API. *Seminar.net*, 17(2). doi.org/10.7577/seminar.4232
- Robson, R. (1999). *Object-oriented Instructional Design and Web-based Authoring*, <https://web.archive.org/web/20000408223130/http://robby.orst.edu/papers/objectoriented.html> [Submitted to the Journal of Interactive Learning Research].
- Rustici Software (n.d.a). *Ecosystem*. xAPI.com. <https://xapi.com/overview/> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Rustici Software (n.d.b). *Evolution*. xAPI.com. <https://xapi.com/tin-can-evolution/> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Rustici Software (n.d.c). *Learning Design Transformed*. xAPI.com. <https://xapi.com/learning-design-transformed/> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Rustici Software (n.d.d). *Overview*. xAPI.com. <https://xapi.com/overview/> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Rustici Software (n.d.e). *The layers of the Experience API (xAPI)*. xAPI.com. <https://xapi.com/the-layers-of-experience-api-xapi/> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)

- Rustici Software (n.d.f). *XAPI Statements 101*. xAPI.com. <https://xapi.com/statements-101/> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Schubert, S., & Schwill, A. (2011). Informatisches Modellieren und Konstruieren. In S. Schubert & A. Schwill (Hg.), *Didaktik der Informatik* (S. 135–156). Spektrum Akademischer Verlag. doi.org/10.1007/978-3-8274-2653-6_6
- Schulz-Schaeffer, I. (2004). Regelmäßigkeit und Regelmäßigkeit. Die Abschirmung des technischen Kerns als Leistung der Praxis. In K. H. Hörning & J. Reuter (Hg.), *Doing Culture: Neue Positionen zum Verhältnis von Kultur und sozialer Praxis* (S. 108–126). transcript Verlag.
- Schulz-Schaeffer, I., & Rammert, W. (2019). Technik, Handeln und Praxis. Das Konzept gradualisierten Handelns revisited. In C. Schubert & I. Schulz-Schaeffer (Hg.), *Berliner Schlüssel zur Techniksoziologie* (S. 41–76). Springer Fachmedien Wiesbaden. doi.org/10.1007/978-3-658-22257-4
- Schwemmer, O. (2005). *Kulturphilosophie: Eine medientheoretische Grundlegung*. Wilhelm Fink.
- Silvers, A. E. (2011, Februar 23). *Fundamental Design of Learning Activities*. GovLoop. <https://www.govloop.com/community/blog/fundamental-design-of-learning-activities/> (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Steimann, F. (2000). On the Representation of Roles in Object-Oriented and Conceptual Modelling. *Data & Knowledge Engineering*, 35(1), 83–106.
- Wiley, D. A. (2002). Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy. In D. A. Wiley (Hg.), *The instructional use of learning objects* (1st ed, S. 3–23). Agency for Instructional Technology: Association for Educational Communications & Technology.
- Wiley, D. (2003). *Learning Objects: Difficulties and Opportunities*. http://wiley.ed.usu.edu/docs/lo_do.pdf (zuletzt abgerufen 23.06.2023)
- Zhang, J. (1997). Distributed Representation as a Principle for the Analysis of Cockpit Information Displays. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7(2), 105–121.
- Zorn, I. (2014). Selbst-, Welt- und Technologieverhältnisse im Umgang mit Digitalen Medien. In W. Marotzki & N. Meder (Hg.), *Perspektiven der Medienbildung* (S. 91–120). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03529-7_5

