


Themenheft Nr. 44: Datengetriebene Schule.

Forschungsperspektiven im Anschluss an den 27. Kongress der DGfE

Herausgegeben von Mandy Schiefner-Rohs, Sandra Hofhues und Andreas Breiter

Die Schule als digitale Bewertungsfiguration? Zur Soziomaterialität von Algorithmen und Daten

Juliane Jarke¹  und Andreas Breiter¹ 

¹ Institut für Informationsmanagement Bremen GmbH, Universität Bremen

Zusammenfassung

Bewertungspraktiken gehören zu Kernelementen des Lernens und Lehrens. Durch die zunehmende Digitalisierung des Bildungssektors entstehen neue Instrumente zur Beobachtung, Bewertung und Klassifizierung der Leistung von Lernenden und Lehrenden. Sie erlauben Auswertungen schulischer Praktiken in einer bisher nicht möglichen Komplexität und einem viel grösseren Ausmass, da sie sehr detailreich sein können, einen umfassenderen Geltungsbereich abdecken und flexibel kombiniert werden können. Dies geschieht zunehmend in Echtzeit. Der Beitrag diskutiert, wie die Zunahme von digitalen Daten und, damit verschränkt, von digitalen Bewertungspraktiken Schule nachhaltig verändert. Daten und Algorithmen werden jedoch nicht als rein technische Entitäten verstanden, sondern als Akteurinnen und Akteure innerhalb soziomaterieller Figurationen. Anhand der Analyse von Illustrationsbeispielen zeigen wir verschiedene, ambivalente Konsequenzen digitaler Bewertungspraktiken im Bildungsbereich auf. Im Ergebnis ermöglichen sie neue Formen der Partizipation und erfordern dafür eine ausdifferenzierte Datenkompetenz. Sie führen zu einer Ausdehnung von Kommunikation zwischen Akteurinnen und Akteuren und verdecken dabei zugleich menschliche Handlungsfähigkeit. Sie lassen neue Formen der Überwachung und Kontrolle zu, aber auch grössere Transparenz und Rechenschaftslegung.

Schools as Digital Figurations? Considering the Sociomateriality of Algorithms and Data

Abstract

Assessment and evaluation practices are key elements of learning and teaching in schools. As the organisation of schools becomes more and more digitised, new instruments evolve that monitor, assess and classify pupils, teachers and education systems. Digital assessment practices and related data are distinct from pre-digital forms as they are highly detailed, cover a greater scope and can be combined in a flexible manner. The article discusses how datafication and digital assessment practices are transforming

schooling. Data and algorithms are not understood as purely technical entities, but as actors within sociomaterial figurations. The consequences of their increased importance for and in education are multivalent: Digital assessment practices may lead to new forms of participation, but they also require a higher media and data literacy. They lead to new spatial extensions of communication and shifting of translocal interrelations, at the same time disguise human agency through software systems. They allow for new options for surveillance, but also afford greater transparency and accountability.

1. Einleitung

Bewertungspraktiken gehören seit jeher zu den wesentlichen Elementen des Lernens und Lehrens und sind vor allem in der formalen Bildung allgegenwärtig: Schülerinnen und Schüler werden durch Prüfungen bewertet, Eingangstests bemessen und selektieren Studierende für das Hochschulstudium, Schulleistungsuntersuchungen bewerten und vergleichen ganze Bildungssysteme. Mit der Digitalisierung und damit dem stetig wachsenden Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) zur Unterstützung der Organisation des Lehrens und Lernens entstehen neue Instrumente der Beobachtung, Bewertung und Klassifizierung der Leistung von einzelnen Lernenden sowie von Lehrenden, Bildungssystemen und -institutionen (Hartong et al. 2020). Diese reichen von computerbasierten Tests (Mills et al. 2002; Hartig und Klieme 2007) über Lernmanagementsysteme (Jude et al. 2020) bis zu Lernanalysen auf Basis grosser Datensätze (*Learning Analytics*) (Ifenthaler und Drachslar 2018; Papamitsiou und Economides 2014; Ferguson 2012). Sie erlauben das Erfassen, Speichern, Manipulieren und Verteilen von Daten in *digitaler* Form.

Im Bildungssektor werden – ganz bewusst – standardisierte digitale Daten erzeugt: zu Zwecken der Beobachtung, Überwachung oder Bewertung, aber ebenso – automatisch – durch Routineoperationen digitaler Geräte und Systeme (Selwyn 2015). Hierfür werden gezielt *Dateninfrastrukturen* für Bildungseinrichtungen aufgebaut und bereitgestellt (Hartong und Förschler 2019). Sie ermöglichen umfassende Datenauswertung innerhalb regionaler und nationaler Bildungssysteme und decken dabei fast alle Aspekte der Organisation der Bildungssysteme ab: von Finanz- und Personalplanung über landes- und bundesweite Datenbanken und die Auswertung von Prüfungsergebnissen bis zu Schulleistungsrankings oder Schulinspektionsberichten (Hartong et al. 2020). Hierbei unterscheiden sich *digitale Bewertungspraktiken* und die ihnen zugrundeliegenden Daten von prä-digitalen Formen, da erstere sehr detailreich sein können, einen vollständigeren Geltungsbereich abdecken und auf flexible Weise kombinierbar sind (Kitchin 2014, 68). Es ist so einfach(er) möglich, Daten auf verschiedenen zeitlichen, räumlichen und inhaltlichen Aggregationsniveaus zusammenzubringen (Parks 2014, 356).

Schulen, Lehrpersonen sowie Schülerinnen und Schüler wurden schon immer vermessen (Mau 2017). Die Geschichte der Verdichtung hat ihren Ursprung in politisch-ökonomischen Werkzeugen und Praktiken des 19. Jahrhunderts (von Oertzen 2017; Latour 1987). Auch wenn Möglichkeiten der Speicherung und Auswertung im kleineren Massstab existiert haben, erlauben digitale Dateninfrastrukturen Analysen auf komplexen Datenmengen und durch den Rückgriff auf ältere Datenbestände auch Vorhersagen. Die Kombination aus grösseren Datenmengen, schnelleren Prozessoren, effizienteren Algorithmen und den Potenzialen des sogenannten *Maschinellen Lernens* gestattet eine Beschleunigung und Verbreitung der Bewertungspraktiken weit über die zuvor bestehenden Verfahren hinaus. Gleichzeitig sind die Berechnungsverfahren von digitalen Bewertungssystemen (etwa *Learning Analytics* in Verbindung mit Maschinelle Lernen) in gewisser Weise opak und erschliessen sich den Nutzerinnen und Nutzern nicht unmittelbar (Ebner et al. 2020; Jarke und Macgilchrist 2021).

Bewertungen und Rankings, die in solchen digitalen Dateninfrastrukturen erstellt werden, sind zu Schlüsselementen nationaler und internationaler Bildungspolitik geworden und demonstrieren damit die politische Bedeutung von Bildungsdaten (Selwyn 2015; Martens und Niemann 2013). Die zugrunde liegenden Ziele reichen von Schulentwicklungsplänen bis zu Systemen der Rechenschaftspflicht und weiteren Kontrollmechanismen (Anagnostopoulos et al. 2013). Durch die Möglichkeit zur Verarbeitung grosser Datenmengen mithilfe leistungsfähiger Dateninfrastrukturen ist die Steuerung von Bildungssystemen eingebunden in einen Diskurs evidenzbasierter Entscheidungsprozesse (oder *digital governance*). Williamson (2015, 83) spricht von «steuernder Software» (*governing software*) und dem Entstehen einer «digitalen Steuerung von Bildung». Er weist darauf hin, dass hierdurch bildungspolitische Entscheidungsprozesse zunehmend an datenbasierte Analysesoftware delegiert werden und Software eine signifikante soziale Akteurin geworden ist, welche das Leben von Menschen steuert und formt (Williamson 2015, 85).

Um das Phänomen digitaler Bewertungspraktiken in der Bildung sinnvoll erforschen und analysieren zu können, bedarf es neuer Methoden und geeigneter Theorierahmen. Letzteren bietet das Konzept der Soziomaterialität, welches das Materielle und das Soziale als konstitutiv verschränkt (*constitutively entangled*) und als inhärent untrennbar (*inherently inseparable*) konzeptualisiert (Orlikowski und Scott 2008; Büchner 2018). Orlikowski begründet diesen Ansatz wie folgt:

«Everyday practices and the knowing generated as a result is deeply bound up in the material forms, artifacts, spaces, and infrastructures through which humans act» (Orlikowski 2006, 460).

Zentral hierfür ist das Konzept der soziomateriellen Verflechtung (*entanglements*), d. h. der Verschränkung verschiedener Materialitäten, die kontinuierlich Realität ko-konstruieren und sich zugleich wechselseitig ko-konstituieren.

Dieser Beitrag diskutiert, wie die Zunahme von digitalen Daten und, damit verschränkt, von digitalen Bewertungspraktiken Schule nachhaltig verändert. Um zu zeigen, dass die Konsequenzen multivalent sind, führen wir zunächst grundlegend in die technischen Begriffe «Daten», «Datenstrukturen» und «Algorithmen» ein und erläutern anschliessend, wie das Konzept der soziomateriellen Figuration (Couldry und Hepp 2016) erlaubt, verschiedene Dimensionen digitaler Bewertungspraktiken zu analysieren (sie also als mehr als nur technische Werkzeuge zu verstehen). Hier gehen wir auf drei Aspekte ein: (1) Schule als Lern- und Kommunikationsraum, (2) die Strukturierung und das Erleben von Schulzeit, (3) die Vermessung von Lehr- oder Lernsubjekten. Anhand der Analyse von Illustrationsbeispielen zu diesen drei Dimensionen zeigen wir verschiedene, ambivalente Konsequenzen digitaler Bewertungspraktiken im Bildungsbereich auf, die wir als digitale Bewertungsfigurationen verstehen. Zum einen ermöglichen digitale Bewertungsfigurationen *neue Formen der Partizipation*, zum anderen erfordern sie aber auch eine *Kompetenz* im Umgang mit Daten (*data literacy*) (Ruppert und Isin 2015). Weiterhin führen digitale Bewertungsfigurationen zu einer *Ausdehnung von Kommunikation und Veränderung translokaler Beziehungen*; sie können dazu führen, die *Handlungsfähigkeit von menschlichen Akteurinnen und Akteuren (agency) zu reduzieren* (Barry 2006). Sie ermöglichen *neue Formen der Überwachung und Kontrolle*, können aber auch zu *grösserer Transparenz und Rechenschaftspflicht* führen (Neyland 2006).

2. Theoretischer Rahmen

2.1 Daten, Datenstrukturen und Algorithmen

Für diesen Aufsatz sind wir speziell an der Rolle von Daten, Datenstrukturen und Algorithmen für digitale Bewertungspraktiken in der Bildung interessiert. Hierbei ist wichtig zu unterstreichen, dass *Daten* nicht rein technische Artefakte sind, die einen Einfluss auf soziale Praxis haben, sondern dass Daten innerhalb sozialer Praxis erzeugt, interpretiert und verarbeitet werden. Im Allgemeinen werden Daten verstanden als durch Beobachtung, Messung oder Zählung gewonnene Angaben (Kubicek et al. 2019). Der lateinische Ursprung des Wortes *gegeben* (von *dare* = geben) suggeriert, dass Daten als etwas Gegebenes verstanden werden. Dass Daten jedoch nicht neutral oder objektiv gegeben sind oder Gegebenes repräsentieren, ist hingegen eine Kernaussage der *Critical Data Studies*. Vertreterinnen und Vertreter argumentieren, dass Daten nicht einfach nur existieren, sondern vielmehr «generiert» werden und

niemals «roh» sind (Bowker 2008, 184; Gitelman 2013). Daten existieren immer in Assemblagen aus Ideen, Instrumenten, Praktiken, Wissen und Kontexten, innerhalb welcher sie generiert, verarbeitet und analysiert werden (Kitchin 2014; Jarke 2018).

Gleichzeitig hat die zunehmende Datafizierung Auswirkungen auf die Konstruktion sozialer Wirklichkeit (Couldry und Hepp 2016). Für das Schulsystem bilden Daten beispielsweise einen Rahmen für Lehr-, Lern- und Organisationsprozesse und erzeugen durch ihre Verarbeitung (und Interpretation) konkrete, erkennbare Objekte wie Lernerfolge, gute Lehrpersonen oder gute Schulen. Aus einer Prozessperspektive helfen diese Daten somit, ein bestimmtes Phänomen zu rahmen und dadurch sichtbar und kontrollierbar zu machen. Daten repräsentieren damit nicht nur soziale Realität, sondern produzieren sie zugleich. Interpretationen von Daten als Repräsentation von Lernerfolgen (zum Beispiel durch Schulnoten) rufen ganz bestimmte soziale Konstruktionen von Lernen und Lehren hervor und sind somit zutiefst normativ und politisch (Jarke und Breiter 2019). Solche Konstruktionen sind z. B. begründet in den Erfahrungen, die Erwachsene in ihrer eigenen Schulzeit oder in ihrer Ausbildung zur Lehrperson gemacht haben.

Grundlegend werden in der Informatik Datenstrukturen und Algorithmen unterschieden (Aho et al. 1983; Ottmann und Widmayer 2012; Kubicek et al. 2019). In *Datenstrukturen* wird festgelegt, in welcher Form Daten gespeichert und durch Algorithmen weiterverarbeitet werden können. So bestimmt eine Variablendeklaration den Typ (beispielsweise als Wahrheitswert, als Text mit bestimmter Länge, als Feld, als Zahl mit oder ohne Fließkomma usw.). Wie und aus welchem Grund eine Deklaration erfolgt, hängt vom Team der Entwicklerinnen und Entwickler ab, den Vorarbeiten oder den spezifizierten funktionalen Anforderungen (Sommerville 2011). Hieraus leiten sich Möglichkeiten und Restriktionen ab, die für eine weitere Verwendung relevant sind (z. B. Rechenoperationen mit numerischen, nicht aber mit Textvariablen). Bereits dieser Prozess muss als Praxis verstanden werden, die bestehende Vorstellungen und Materialitäten vereinigt und einen Aushandlungsprozess darstellt.

Die zweite Kernkategorie der Informatik sind *Algorithmen*. Technisch gesehen sind Algorithmen eine Menge von Instruktionen, um ein definiertes Problem zu lösen. Algorithmen drücken also Problemlösungen aus und sind gekennzeichnet durch ihre logischen Bedingungen (Wissen über ein bestimmtes Problem) und eine Kontrollstruktur (Strategie zur Problemlösung) (Introna 2015). Oftmals werden Algorithmen mit Kochrezepten verglichen. Donald Knuth, einer der Gründer der Informatik, schreibt in seinem Basiswerk zur *Kunst des Programmierens*:

«The meaning of an algorithm is quite similar to that of *recipe, process, method, technique, procedure, routine*, except that the word ‘algorithm’ connotes something just a little different. Besides merely being a finite set of rules which gives a sequence of operations for solving a specific type of problem, an algorithm has five important features» (1985, 5–6, Hervorhebungen im Original).

Zu diesen Eigenschaften zählt Knuth (1985) 1) *Finiteness* (Algorithmen müssen nach einer abschätzbaren Anzahl von Schritten enden), 2) *Definiteness* (jeder Schritt muss präzise definiert werden), 3) *Input* (für jeden Algorithmus braucht es Eingaben, beispielsweise Daten), 4) *Output* (jeder Algorithmus liefert Ausgaben, beispielsweise veränderte Daten) sowie 5) *Effectiveness* (Operationen sind exakt und in einer endlichen Zeit anzuwenden). Die Entwicklung von Algorithmen zur Lösung komplexer Probleme erfordert einen grossen Einsatz von Expertise, Urteilsvermögen, Bewertung, Auswahl und Einschreibung von Bedingungen (Kitchin 2017). Neben den informatischen Herausforderungen (Wie kann bewiesen werden, dass ein Algorithmus endet? Wie können Algorithmen in Bezug auf die Effektivität verglichen werden? Wie lässt sich die Korrektheit beweisen?) spielen Erfahrungen, Wissen, Arbeitskontext, Spezifikationen usw. eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung bzw. Auswahl der Algorithmen. So gibt es schon bei einer scheinbar einfachen und längst etablierten Such- oder Sortierprozedur unterschiedliche Ansätze, die kontextabhängig sind. Algorithmen können also nicht unabhängig von den Rahmenbedingungen betrachtet werden, innerhalb derer sie entwickelt und eingesetzt werden (Geiger 2014): Sie beinhalten Wertvorstellungen, kulturelle Eigenheiten und Machtverhältnisse (vgl. Mager 2012; Introna und Nissenbaum 2000) und rahmen in gewisser Weise auch immer das Problem, das sie lösen sollen (Amoore 2020).

Mit Verfahren des Maschinellen Lernens (*Machine Learning*) erweitert sich das Konzept des Algorithmus. In der traditionellen, imperativen Programmierung sind Algorithmen regelbasiert (siehe Definition Knuth). Beim Maschinellen Lernen, einem Untergebiet der Künstlichen Intelligenz (KI), werden Systeme durch statistische Optimierungsverfahren *trainiert*. Die Regeln, auf denen solche Systeme operieren, können nicht in der gleichen Weise nachvollzogen werden wie Systeme, die auf imperativer Programmierung beruhen:

«This lack of explicit computational rules for a decision, makes machine learning systems fundamentally opaque. The engineers who train the machine learning system and the people that use them do not understand why the system behaves in a certain way» (Heuer 2020, 33).

Im Bildungskontext kommen Verfahren des maschinellen Lernens in *Learning Analytics* zum Einsatz, um Lehr-Lernprozesse und Lernumgebungen zu modellieren und zu optimieren. Dabei werden statische Daten und dynamisch generierte Daten von Lernenden aus Lernmanagementsystemen genutzt, um sie in Echtzeit zu analysieren und zu visualisieren (Ifenthaler und Drachsler 2018). Durch diese Verwobenheit von zunehmender *Datafizierung* und der Sortierung, Bewertung und Visualisierung der anhand von Daten repräsentierten Phänomene durch Algorithmen ergibt sich deren zunehmende gesellschaftliche Relevanz (Gillespie 2014). Diakopoulos (2014, 2) bezeichnet Algorithmen als «the new power brokers in society», die, basierend

auf grossen Datenmengen, mehr und mehr Entscheidungen unseres Lebens beeinflussen. Besonders interessant sind daher Fragen nach dem Wissen, das Algorithmen produzieren, und nach den Möglichkeiten und Unmöglichkeiten für Handlungsoptionen. Denn Algorithmen ermitteln, häufig durch Maschinelles Lernen (Burrell 2015), opake Handlungsempfehlungen, d. h. es ist menschlichen Akteurinnen und Akteuren zunehmend nicht mehr möglich, die Ergebnisfindung nachzuvollziehen.

Dies ist vor allem wichtig mit Blick auf die Performativität von den durch Algorithmen erzeugten Bewertungen und Ranglisten (sog. Rankings), wie sie aus dem Sport oder aus Bewertungen von Universitäten bekannt sind. Demnach sind Ranglisten reaktiv, weil sie verändern, wie Menschen Situationen verstehen (Espeland und Sauder 2007): Ranglisten beschreiben nicht nur eine Situation, sondern interagieren mit ihr, verändern sie (Pollock 2012). Es ist daher wichtig zu berücksichtigen, wie Rankinginstrumente (einschliesslich der Dateninfrastrukturen, durch die sie erzeugt werden) konfiguriert werden und wie Rankings Situationen rahmen (Pollock 2012). Digitale Bewertungstechnologien sind also nicht neutral, sondern performativ und an der Konstruktion von sozialen Feldern wie etwa der Bildung beteiligt. Mau (2017) hinterfragt diese Benennungsmacht auf der Suche nach den Expertinnen und Experten, die algorithmische Macht ausüben und damit konstruktiv Anteil an der Erzeugung von Leistungswettbewerben nehmen, aber in Bezug auf die Legitimität ihrer Machtausübung im Hintergrund bleiben. Die *Critical Data Studies* legen einen Schwerpunkt auf die Analyse der *rekursiven Beziehung von Daten und Gesellschaft* und der sich daraus ergebenden Ambivalenzen (Hepp et al. im Erscheinen). Wie diese Rekursivität analytisch verstanden werden kann, ist Gegenstand einer grösseren Debatte um das Konzept der Soziomaterialität, das im Folgenden näher erläutert wird.

2.2 Soziomaterielle Konzepte für ein Verständnis von digitalen Bewertungspraktiken

Innerhalb der Akteur-Netzwerk Theorie (ANT) wird darauf verwiesen, dass sich Bewertungssysteme nicht einzig durch soziale Beziehungen konstituieren, sondern aus der Verbindung materiell heterogener Entitäten wie etwa Menschen, Praktiken, Gegenständen, Ideen, Werkzeugen und Technologien (Latour 1988; 2004; 2007; Alkemeyer et al. 2015). Im Fokus dieser *soziomateriellen Netzwerke* stehen die Struktur und ordnende Beziehungen, die auf die heterogenen Entitäten eingehen, durch die sie konstituiert werden (Law 1994, 2001).

Ein anderes Konzept ist das der *soziomateriellen Assemblage* (Latour 2007; Kitchin 2014), welches den analytischen Fokus auf soziale Praxis und ihre Verschränkung mit (digitalen) Technologien legt. Kitchin (2017) argumentiert, dass Daten und Algorithmen als kontingent und performativ verstanden werden sollten und immer als eingebettet in grössere soziotechnische Assemblagen. Diese Assemblagen umfassen Finanzsysteme, Politik, rechtliche Rahmenbedingungen und Regulierungen,

Infrastrukturen, Institutionen, interpersonelle Beziehungen und andere Materialitäten, welche die Produktion von Daten und Algorithmen formen und selbst durch diese verändert werden. Orlikowski und Scott (2008) gehen von dieser inhärenten Untrennbarkeit sozialer und materieller Welten aus und beschreiben sie als konstituierende Verflechtung (*constitutive entanglement*). Couldry und Hepp (2016) empfehlen in Anlehnung an Elias, soziale und technische Entitäten als *soziomaterielle Figurationen* zu verstehen, die sich in einem offenen Prozess kontinuierlich formen und umformen.

«Figuration, in other words, is an action that holds the material and the semi-otic together in ways that become naturalized over time, and in turn requires «unpacking» to recover its constituent elements» (Suchman 2012, 58).

Der Ansatz der Figurationen erlaubt es, so Couldry und Hepp (2016), die analytischen Stärken des Netzwerk-Ansatzes und des Assemblage-Ansatzes zu kombinieren: mit dem Fokus auf Konstellationen der Akteurinnen und Akteure zum einen und auf Soziomaterialität zum anderen. Dabei geht der von ihnen entwickelte Ansatz weiter, indem er erklärt, wie die eingeschriebene Komplexität von kommunikativen Praktiken wirkt. Soziomaterielle Figurationen sind durch vier Elemente gekennzeichnet: 1) Eine Figuration formt sich um einen *Relevanzrahmen*, der das Thema einer Figuration definiert. Mit Blick auf die Figuration Schule kann dieser Relevanzrahmen zum Beispiel das Streben nach guter Schulbildung sein. 2) Eine Figuration besteht aus einer Konstellation von *Akteurinnen und Akteuren*, d. h. Individuen, die miteinander durch spezifische Rollen verbunden sind (z. B. eine Lehrperson und ihre Schülerinnen und Schüler). 3) Jede Figuration basiert auf *Praktiken*, welche verschränkt sind mit 4) einer *digitalen (Daten-)Infrastruktur*:

«It is through the interrelated actions of such practices that individuals construct figurations: that is, figurations involve ways of doing certain things together, or in coordination» (Couldry und Hepp 2016, 67).

Digitale Bewertungspraktiken können somit als spezifische Praktiken verstanden werden, die innerhalb eines spezifischen Ensembles aus Daten(-infrastrukturen) und Algorithmen zu Schule als *digitale Bewertungsfiguration* beitragen. Dies geschieht, indem durch diese Bewertungspraktiken Individuen Beziehungen eingehen und mit Hilfe von Dateninfrastrukturen einen gemeinsamen Relevanzrahmen (z. B. gute Schule) definieren. Wir haben es daher mit Schulen als digitale Bewertungsfigurationen zu tun, die sich abhängig von ihren digitalen (Daten-)Infrastrukturen und den damit verbundenen Bewertungspraktiken unterscheiden.

3. Schule als digitale Bewertungsfiguration

Im Folgenden analysieren wir den schulischen Transformationsprozess durch das Konzept der soziomateriellen Figuration (Relevanzrahmen, Konstellation der Akteurinnen und Akteure, digitale Bewertungspraktiken, digitale Infrastruktur). Aus Platzgründen kann dies nur illustrativ geschehen. Konkret gehen wir auf drei Aspekte ein, die die Schule als Bewertungsfiguration verändern: 1) *Schule als Lern- und Kommunikationsraum*, der z. B. neue Konstellationen von Akteurinnen und Akteure ermöglicht; 2) *die Strukturierung und das Erleben von Schulzeit*, die sich zum Beispiel durch digitale Bewertungspraktiken neu formieren und 3) *die Vermessung von Lehr- oder Lernsubjekten* durch digitale Bewertungspraktiken und die daraus resultierende Veränderung des Relevanzrahmens.

3.1 Schule als Lern- und Kommunikationsraum

Die erste Dimension betrifft die *Refiguration von Raum*. Couldry und Hepp (2016) argumentieren, dass Räume (physische, organisationale, informationale) heute kodiert sind. Ihre Operationen werden durch Software und die darunterliegenden Algorithmen strukturiert, die Daten verarbeiten. Digitale Bewertungspraktiken strukturieren Schulen als Lernorte neu: Klassenräume werden von einem physikalischen Ort mit Notenlisten der Lehrperson zu einem transparenten und verteilten Datenraum. Die Grenzen des Lernorts Schule verändern sich, wenn die Aktivitäten innerhalb des Klassenzimmers in digitale Daten übersetzt werden und die messbaren Lernerfolge auf Basis standardisierter Tests von Schülerinnen und Schülern, Lehrpersonen oder einer ganzen Schule durch Bewertungsdaten repräsentiert werden sollen. Digitale Bewertungspraktiken spannen einen translokalen Bewertungsraum auf, der verschiedene Akteurinnen und Akteure (neu) miteinander verknüpft und in Beziehung setzt.

Der Zugriff auf Online-Plattformen erlaubt es beispielsweise Akteurinnen und Akteuren ausserhalb des physischen Raums der Schule am Geschehen der Schule medial vermittelt teilzuhaben. Hier wird ein virtueller Raum aufgespannt, der andere Partizipationsmöglichkeiten erlaubt. Ein Beispiel für eine solche Öffnung des Schulraums ist die Veröffentlichung von Schulstatistiken wie etwa Ausfallzahlen auf den Transparenzportalen einzelner Bundesländer oder von Schulrankings auf Plattformen wie www.jedeschule.de oder www.schulen-vergleich.de. Ein eingängiges Praxisbeispiel sind auch Lernmanagementsysteme, die (nicht erst seit der Covid-19-Pandemie) zu neuen Lern- und Kommunikationsräumen in Schulen geworden sind. Sie werden von den Bundesländern (wie Moodle) oder dem Bund (wie SchulCloud) bereitgestellt oder sind von Drittanbietern (wie itslearning) eingekauft worden. Komplementiert werden diese Systeme durch bundeslandspezifische Schulinformationssysteme, die der Organisation von Verwaltungsabläufen und der Kommunikation zwischen

Behörden und Schulen dienen (Hartong et al. 2020). Bereits der Aufbau solcher Systeme in Klassenräume, Aula, Lehrpersonenzimmer versinnbildlicht die Translokalisierung und die Orientierung an physischen Räumen. Die Gestaltung der Interaktionen prädefiniert den Raum und ist Ergebnis eines kontinuierlichen Aushandlungsprozesses zwischen Entwicklerinnen und Entwicklern, Käuferinnen und Käufern und Nutzerinnen und Nutzern. Zugleich zeigt sich aber auch die Vulnerabilität digitaler Systeme, wenn in den Raum (z. B. durch Hacker) unerlaubt eingedrungen wird.

3.2 Strukturierung und Erleben von (Schul-)Zeit

Die zweite Dimension betrifft die *Strukturierung und das Erleben von Zeit*. Couldry und Hepp (2016) führen aus, dass es ohne die datenbasierte Präsentation auf Plattformen wie Twitter (etwa durch die Zeitleiste) keine gemeinsame raum-zeitliche Orientierung in virtuellen Räumen gäbe. Orlikowski und Scott (2014, 884) weisen ebenfalls auf einen Unterschied in der Temporalität von digitalen («emerging, fleeting, dynamic») und nicht-digitalen («enduring, cumulative, constant») Bewertungspraktiken hin.

Die zeitliche Strukturierung von Schule wird sowohl durch den Rhythmus der Ferien als auch der Festlegung der Unterrichtszeiten geprägt. Während zum Beispiel die langen Sommerferien u. a. in einem Aushandlungsprozess durch die Tradition der Landarbeit geprägt wurden (Granger 2019), fanden sich in der Strukturierung des Schultages wechselnde Modelle des Ganztagsunterrichts (Ludwig 1995). Auch digitale Bewertungspraktiken beschreiben einen Zyklus, in dem die raum-zeitliche Verschränkung Schülerinnen und Schüler, Schulklassen und Schulbezirke miteinander in Beziehung setzt und zeitliche Abfolgen definiert. Hierbei entwerfen digitale Bewertungspraktiken eine spezifische raum-zeitliche Strukturierung von Schule entlang der Verfügbarkeit von Daten. Zum Beispiel geben Lernmanagementsysteme eine zeitliche Strukturierung vor, wenn sie die Lernerfolge und Lernrisiken von Schülerinnen und Schülern prognostizieren: Jede Woche kann in den Systemen ein Score errechnet werden, der Lehrpersonen in einem Ampelsystem darstellt, wie Schülerinnen und Schüler abschneiden. Mit Verfahren der automatischen Lernanalysen lassen sich Lernwege durch das System individuell vorschlagen und auswerten und damit Lerntempo, Inhalte und Bewertung personalisieren. Das bedeutet, die zeitliche und inhaltliche Strukturierung wird nicht mehr durch Überprüfungen der Lehrpersonen festgelegt, sondern kontinuierlich vom System vorgeschrieben.

Die Dominanz datengestützter Entscheidungsprozesse hat ihren Ausgangspunkt in den USA und hat sich sukzessive zu einem globalen Phänomen entwickelt (Martens et al. 2010). Spätestens mit dem Gesetz «No Child Left Behind» von 2001 wurde das Schulsystem auf verbindliche Leistungstests umgestellt (Linn et al. 2002). Schulen und Schulbezirke wurden u. a. finanziell anhand ihrer jährlichen Fortschritte

(«Adequate Yearly Progress») ausgestattet. Schulen, die keinen Fortschritt erzielten, drohten, geschlossen zu werden, und die lokalen Schulpolitikerinnen und -politiker («Superintendents») erhielten Leistungsprämien bei Erfolg. Auch in Deutschland basiert die Zuweisung von Finanzmitteln, etwa durch die algorithmische Konstruktion von Sozialindizes (Hartong und Breiter 2021), auf entsprechenden Dateninfrastrukturen.

3.3 Messbare Lehr- und Lernsubjekte

Eine dritte Dimension betrifft das *Selbst* und bezieht sich auf die Entstehung von sogenannten «data doubles» (Ruppert 2011). *Data doubles* resultieren aus den Datenspuren, die wir alle durch unsere Alltags- und Arbeitspraktiken erzeugen (Breiter und Hepp 2017). Sie entstehen als Beziehung multipler, voneinander abhängiger Systeme der Datenerfassung und hängen von der Standardisierung durch Klassifikationssysteme ab, damit *data doubles* miteinander verglichen werden können und Datenbanken miteinander verbunden. Wichtig sind die sich verändernden oder auch sich verfestigenden Machtverhältnisse zwischen denen, die Daten erheben und auswerten, und jenen, über die Daten gesammelt werden (Dalton et al. 2016; Dalton und Thatcher 2014). Dies führt teilweise zu neuen Ungleichheiten, fördert aber auch bestehende, z. B. mit Blick auf die Eltern, die sich Schulrankings zu eigen machen, um eine besser informierte Schulwahl zu treffen.

In einer mehrjährigen Studie über den Einsatz digitaler Bewertungssysteme in den Schulen der Stadt New York konnten Breiter und Light (2006) sowie Mandinach und Honey (2008) als erste zeigen, wie Bewertungspraktiken zur Evaluation von Lehrpersonen, Schulen und Bezirken direkte Auswirkungen auf die Gestaltung des Unterrichts haben und die Konstruktion von Lernsubjekten nahezu erzwingen. Schülerinnen und Schüler, die mit ihren Ergebnissen «auf der Kippe» zwischen Bestehen und Durchfallen standen (oder unter und über den Standards), erfuhren eine höhere Aufmerksamkeit seitens ihrer Lehrpersonen (sogenannte *bubble-kids*), da ihre Verbesserung einen grösseren Einfluss auf die Gesamtleistung der Klasse hatte als die Verbesserung von Spitzenreiterinnen bzw. Spitzenreitern oder von Schülerinnen bzw. Schülern im Klassendurchschnitt (Mandinach und Honey 2008; Breiter und Light 2006). Noch bedeutsamer wird es, wenn die Gesamtbewertung eine Rolle in den Anreizsystemen für Lehrpersonen und Schuladministration spielt, was in vielen Schulsystemen der Fall ist. Wenn also *bubble kids* durch Unterstützung aufsteigen und damit die Gesamtbewertung (einer Lehrperson oder Schule) verbessern, kann dies für die Lehrperson, die Schulleitung oder «Superintendents» eines Distrikts materielle Vorteile haben. Beschrieben wurde dieses Phänomen auch von Youdell (2004) als *education triage*. Damit ist die Selektierung von Schülerinnen und Schülern in drei Gruppen gemeint: 1) diejenigen, die «sicher» sind («non-urgent cases»), 2)

solche, die bessere Leistungen erbringen könnten («under-achievers») und 3) solche, «ohne Hoffnung» («without hope») (Youdell 2004). Interessant für die Verbesserung von Bewertungsergebnissen sind vor allem Schülerinnen und Schüler, die in Gruppe 2 fallen. Interventionen werden auf den verschiedenen Ebenen dann auf diese Gruppe ausgerichtet und bestimmen den Unterrichtsablauf.

Bewertungsdaten klassifizieren also nicht nur Individuen, sondern erschaffen *Gruppen* aufgrund bestimmter Klassifizierungsmerkmale, zu denen Individuen dann als zugehörig zugeordnet werden. Wehner et al. (2012) beschreiben dieses Phänomen als «numerische Inklusion», andere sprechen von der Konstruktion von Öffentlichkeiten oder Kollektivitäten durch Algorithmen (Gillespie 2014; Ruppert und Isin 2015). Im Beispiel New Yorks werden die individuellen Leistungen der Schülerinnen und Schüler nicht (nur) interpretiert, um deren individuelles Lernen zu verbessern, sondern es werden eher diejenigen Schülerinnen und Schüler interessant, die einen Unterschied für die Gesamtleistung einer Klasse oder Schule machen («bubble kids» oder «education triage»). Es ist im Interesse der Lehrperson oder der Schule, jenen Schülerinnen und Schülern besondere Aufmerksamkeit entgegenzubringen, da ein leichter Rückschritt bzw. eine leichte Steigerung ihrer Leistung z. B. Auswirkungen auf die Zahl der Schülerinnen und Schüler auf den verschiedenen Leistungsstufen hat oder auf die Zahl derer, die weit über den Erwartungen liegen und daher ihre Ausbildung an renommierten Bildungsinstitutionen fortsetzen können bzw. werden. Weiterhin erhalten Lehrpersonen Bestätigung für ihr eigenes Handeln nicht nur durch die Beziehungen und Interaktionen mit ihren Schülerinnen und Schülern, sondern müssen die Qualität ihrer eigenen Arbeitspraktiken durch die ermittelten Daten bestätigen lassen. Sie konkurrieren mit anderen Lehrpersonen in den Parallelklassen und müssen zugleich zur Leistung des Kollektivs beitragen.

Der Fokus auf digitale Bewertungspraktiken verändert also nicht nur das Verständnis von guter Schule, sondern bestimmt auch die Art und Weise, wie Lehrpersonen und Schülerinnen und Schüler sich selbst wahrnehmen, wahrgenommen werden und ihre jeweiligen Rollen ausfüllen. Livingstone und Sefton-Green (2016) führen z. B. aus, wie überrascht sie waren, welchen hohen Stellenwert Bewertungen im Alltagsdiskurs von jungen Menschen und Lehrpersonen haben:

«Central to the school's conception of learning was the idea of "levels", a word used over and over again throughout the school day by students and teachers to refer to attainment measured against UK national curriculum standards. But it also represented – for them and for us – a kind of metalanguage, a whole way of talking about the self that appeared to measure the intangible dimensions of growing, learning, and becoming» (Livingstone und Sefton-Green 2016, 127).

Die «Levels», auf denen sich Schülerinnen und Schüler, die Lehrpersonen und auch Schulen bewegen, beeinflussen dann die alltägliche Organisation von Schule und die Durchführung von Unterricht. So berichten auch Livingstone und Sefton-Green (2016), wie ein Diskurs über Daten alltägliche Interaktionen zwischen Lehrpersonen und ihren Schülerinnen und Schülern durchzieht. Innerhalb dieser Lehr- und Lernpraktiken wird auch ein eingeschränktes Bild von Bildung als Relevanzrahmen der Bewertungsfiguration sichtbar. Während Bildung ein holistisches und ganzheitlich integriertes Konzept in der Entwicklung des Selbst meint, so Livingstone and Sefton-Green (2016), können Datenpunkte und die darauf basierenden Bewertungen immer nur diskrete Lerneinheiten berücksichtigen.

4. Fazit

Durch die Analyse drei verschiedener Dimensionen haben wir gezeigt, wie sich Schule als digitale Bewertungsfiguration verändert. Digitale Bewertungspraktiken erlauben Auswertungen schulischer Praktiken in einer bisher nicht möglichen Komplexität und einem viel grösseren Ausmass, da sie sehr detailreich sein können, einen umfassenderen Geltungsbereich abdecken und flexibel kombiniert werden können. Dies geschieht zunehmend in Echtzeit aufgrund der Leistungsfähigkeit von Computern und Algorithmen. Eine Verknüpfung mit Sensoren wird in Zukunft (analog zu den vernetzten Systemen in der Industrie) weitere Daten liefern können (Williamson und Piattoeva 2018). Digitale Bewertungspraktiken dienen also nicht nur als Entscheidungsunterstützung für Lehrpersonen, Schulleitungen, Schulaufsicht oder Eltern, sondern refigurieren Schule als Ort des Lernens und Lehrens. Bedeutende Dimensionen, an denen man Transformationsprozesse erkennen kann, beziehen sich auf die Veränderung des Lernraums, der raum-zeitlichen Strukturierung von Schule sowie der Vermessung von Lern- und Lehrsubjekten. Dies zieht folgende, ambivalente Konsequenzen nach sich:

1. Digitale Bewertungsfigurationen erlauben *neue Formen und Möglichkeiten der Partizipation*: Durch die zunehmende Bewertung von Schulen, Lehrpersonen sowie Schülerinnen und Schülern und deren Veröffentlichung verändern sich die Handlungsoptionen und Möglichkeitsspielräume aller involvierten Akteurinnen und Akteure. Beispielhaft ist das zu erkennen an der oben beschriebenen Verlagerung von Bewertung innerhalb des Klassenraums hin zum *offenen Datenraum* (etwa über Transparenzportale). Über Lernmanagementsysteme werden pädagogischem und administrativem Personal sowie Eltern Daten aus standardisierten Leistungstests zugänglich gemacht, um bessere Entscheidungen in Bezug auf die Förderung von Schülerinnen und Schülern treffen zu können. Lehrpersonen nutzen Ergebnisse zur Reflexion des eigenen Unterrichts. Eltern können in Reaktion

auf die Tests aktiver werden und stärkeren Kontakt zur Schule suchen. Was gute Schule und gute Schulbildung als Relevanzrahmen der Figuration Schule ausmacht, wird durch die Repräsentationsmöglichkeiten von digitalen Bewertungsdaten gerahmt.

2. Diese neuen Partizipationsmöglichkeiten hängen jedoch stark von den jeweiligen Kompetenzen ab, Bewertungsdaten (kritisch) zu interpretieren und fördern somit eine *neue digitale Spaltung und Ungleichheiten* entlang von datenbezogenen Kompetenzen («data literacy»). Digitale Bewertungspraktiken können so bestehende Ungleichheiten fördern oder neue hervorbringen. Die in Algorithmen und Datenstrukturen eingeschriebenen Überzeugungen erlauben zum einen ganz bestimmte *data doubles* im Sinne guter Schülerinnen und Schüler oder guter Lehrpersonen zu definieren, zum anderen erhalten bestimmte *Kollektivitäten*, wie etwa die Gruppe von Schülerinnen und Schülern, die durch gezielte Massnahmen im Leistungsranking aufsteigen können (*bubble kids*), eine besondere Aufmerksamkeit. Daher ist es insbesondere von Bedeutung, wie und welche Daten Schülerinnen und Schüler und ihre Leistungen klassifizieren, da sie nicht lediglich die Repräsentationen ihrer Leistungen oder der einer Klasse sind, sondern auch interpretiert werden und individuelles Handeln entsprechend ausgerichtet wird. Wenn Lehrpersonen nun ihre Aufmerksamkeit besonders auf die Schülerinnen und Schüler legen, deren Leistungen sich an der Grenze zwischen Bestehen und Durchfallen bewegen, was statistisch einen Unterschied für die Gesamtleistung der Klasse macht, dann werden die Lehr- und Lernsubjekte (und ihre «data doubles») anders konstituiert und konstruiert.
3. Die *räumliche Ausdehnung von Kommunikation* verändert *translokale Beziehungen*. Lehrpersonen passen ihren Unterricht den von Tests vorgegebenen Standards an, Testergebnisse spielen in der Kommunikation zwischen Eltern und Schule eine wichtige Rolle, aber auch bei der Zuweisung von Ressourcen durch öffentliche Verwaltungen. Nicht zuletzt entstehen neue Beziehungen zwischen Lehrpersonen und ihren Schülerinnen und Schülern mit Blick auf Bewertungslevel. Bislang konnten Eltern am Schulgeschehen ihrer Kinder nur begrenzt teilhaben. Ihre Informationsquellen waren die Kinder selbst, Benotungen und Kommentare der Lehrpersonen oder Elternabende und Elternsprechtage. Ermöglicht es ihnen aber der digitale Klassenraum, permanent die Aktivitäten zu begleiten, dann verändert dies das Verhältnis zwischen Eltern und Kind – wie etwa schon bei der Überwachung von Handy-Kommunikation.

4. Digitale Bewertungsfigurationen scheinen eine *Überlagerung von menschlicher Handlungsfähigkeit (agency)* zu befördern. So werden Daten genutzt, um Unterricht zu strukturieren (z. B. durch die Zusammensetzung von Kleingruppen innerhalb der Klassen). Nicht die Lehrperson bestimmt die Zusammensetzung von Kleingruppen anhand von Leistungen, sondern ein Algorithmus identifiziert «bubble kids», denen dann besondere Aufmerksamkeit zukommt. Eine Lehrperson wird von einer Interpretin der Daten zu einer Person, über die verhandelt wird. Die Qualität des Unterrichts und einer Lehrperson wird nicht mehr bemessen durch die Zufriedenheit oder einen qualitativen Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler (o. ä.), sondern ausgelagert an einen Algorithmus, der den «Wertbeitrag» einer Lehrperson bestimmt.

5. Schliesslich können digitale Bewertungsfigurationen *neue Formen und Möglichkeiten der Überwachung* erlauben, gleichzeitig aber auch *Transparenz* fördern. Lehrpersonen können sich durch die Veröffentlichung der Ergebnisse aufgefordert sehen, ihren Unterricht den Tests anzupassen. Lernerfolge werden transparenter. Die gleichen Daten können aber zu einer Überwachung von Lehrpersonen führen. Die oben diskutierte Erfolgsorientierung geht also Hand in Hand mit vermehrter Kontrolle und Steuerung von und durch digitale Dateninfrastrukturen. Damit wurde die ursprüngliche Absicht der Unterstützung von Schulentwicklung durch die Erkenntnis gemindert, dass hier auch ein effektives Kontrollinstrument zur Verfügung steht, was zu einer stärkeren Erwartungshaltung führen kann. Derartige Kontrollinstrumente drängen zu einer Standardisierung, was sich auch in den Bemühungen der Bundesländer zu einheitlichen Leistungstests und Vergleichsarbeiten ablesen lässt. Digitale Bewertungsfigurationen können somit nachhaltig die Lernerfahrung beeinflussen.

Abschliessend möchten wir anmerken, dass sich die datengestützten Verfahren der Kompetenz- bzw. Leistungsmessung auch in Deutschland in der Folge von PISA, TIMMS, IGLU und die länderspezifischen Verfahren (VERA, MARKUS usw.) ausgeweitet und ausdifferenziert haben. Zunächst sind sie konzipiert als unverbindliche Lernstanderhebungen oder Vergleichsarbeiten mit unterschiedlicher Durchdringung in den Bundesländern mit dem Zweck der wissenschaftlichen Analyse auf der Ebene der Schulsysteme. Danach sollen sie zur Überprüfung nationaler Bildungsstandards der empirischen Bildungsforschung dienen und der Bildungssteuerung zur Verfügung gestellt werden. Die Daten werden auf individueller Ebene bislang in deutschen Schulen nur sehr begrenzt genutzt. Es ist aber zu erwarten, dass eine grössere Verfügbarkeit in Verbindung mit der weiteren Stärkung der Outputorientierung zu einer Intensivierung führen wird. Somit geben die Beispiele aus den USA und aus Grossbritannien Perspektiven auf eine Entwicklung in Deutschland, die es zukünftig auch empirisch weiter zu untersuchen gilt.

Literatur

- Aho, Alfred V., John E. Hopcroft, und Jeffrey D. Ullman. 1983. *Data Structures and Algorithms*. Amsterdam: Addison-Wesley.
- Alkemeyer, Thomas, Herbert Kalthoff, und Markus Rieger-Ladich, Hrsg. 2015. *Bildungspraxis: Körper-Räume-Objekte*. Erste Auflage. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Amoore, Louise. 2020. *Cloud ethics: algorithms and the attributes of ourselves and others*. Durham: Duke University Press.
- Anagnostopoulos, Dorothea, Stacey A. Rutledge, und Rebecca Jacobsen. 2013. *The infrastructure of accountability: Data use and the transformation of American education*. Cambridge, MA: Harvard Education Press.
- Barry, Andrew. 2006. «Technological Zones». *European Journal of Social Theory* 9 (2): 239–53. <https://doi.org/10.1177/1368431006063343>.
- Bowker, Geoffrey C. 2008. *Memory Practices in the Sciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Breiter, Andreas, und Andreas Hepp. 2017. «The Complexity of Datafication: Putting Digital Traces in Context». In *Communicative Figurations. Transforming Communications – Studies in Cross-Media Research*, herausgegeben von Andreas Hepp, Andreas Breiter, und Uwe Hasebring, 387-405. Cham: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65584-0_16.
- Breiter, Andreas, und Daniel Light. 2006. «Data for school improvement: Factors for designing effective information systems to support decision-making in schools». *Journal of Educational Technology & Society* 9 (3): 206–17. <https://drive.google.com/file/d/1fFuJGyClh6C2mhvTip5XOlqamRy63yNJ/view>.
- Büchner, Stefanie. 2018. «Zum Verhältnis von Digitalisierung und Organisation: On the Relationship of Digitization and Organization». *Zeitschrift für Soziologie* 47 (5): 332–48. <https://doi.org/10.1515/zfsoz-2018-0121>.
- Burrell, Jenna. 2015. «How the machine ‘thinks’: Understanding opacity in machine learning algorithms». *Big Data & Society* Jan-Jun: 1–12. <https://doi.org/10.1177/2053951715622512>.
- Couldry, Nick, und Andreas Hepp. 2016. *The mediated construction of reality*. Cambridge: Polity Press.
- Dalton, Craig, Linnet Taylor, und Jim Thatcher. 2016. «Critical Data Studies: A Dialog on Data and Space». *Big Data & Society* 3 (1). <https://doi.org/10.1177/2053951716648346>.
- Dalton, Craig, und Jim Thatcher. 2014. «What does a critical data studies look like, and why do we care? Seven points for a critical approach to ‘big data’». *Space and Society Open Site* (blog). <https://societyandspace.com/material/commentaries/craig-dalton-and-jim-thatcher-what-does-a-critical-data-studies-look-like-and-why-do-we-care-seven-points-for-a-critical-approach-to-big-data/>.
- Diakopoulos, Nicholas. 2014. «Algorithmic Accountability: On the Investigation of Black Boxes». Tow Center for Digital Journalism, Columbia Journalism School. https://www.cjr.org/tow_center_reports/algorithmic_accountability_on_the_investigation_of_black_boxes.php.

- Ebner, Martin, Philipp Leitner, und Markus Ebner. 2020. «Learning Analytics in der Schule – Anforderungen an Lehrerinnen und Lehrer». In *Bildung und Digitalisierung*, herausgegeben von Christine Trültzsch-Wijnen und Gerhard Brandhofer, 255–70. Baden-Baden: Nomos. <https://doi.org/10.5771/9783748906247-255>.
- Espeland, Wendy, und Michael Sauder. 2007. «Rankings and reactivity: How public measures recreate social worlds». *American journal of sociology* 113 (1): 1–40. <https://doi.org/10.1086/517897>.
- Ferguson, Rebecca. 2012. «Learning Analytics: Drivers, Developments and Challenges». *International Journal of Technology Enhanced Learning* 4 (5/6): 304–17. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>.
- Geiger, R. Stuart. 2014. «Bots, bespoke, code and the materiality of software platforms». *Information, Communication & Society* 17 (3): 342–56. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2013.873069>.
- Gillespie, Tarleton. 2014. «The Relevance of Algorithms». In *Media Technologies: Essays on Communication, Materiality, and Society*, herausgegeben von Tarleton Gillespie, Pablo J Boczkowski, und Kirsten A Foot, 167–94. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gitelman, Lisa, Hrsg. 2013. *«Raw Data» is an Oxymoron*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Granger, Christophe. 2019. «Orchestrer les calendriers: L'école, l'État et la question des grandes vacances, 1880-1914». *Actes de la recherche en sciences sociales* 226-227 (1): 86. <https://doi.org/10.3917/arss.226.0086>.
- Hartig, Johannes, und Eckhard Klieme. 2007. «Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung». Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). http://www.bmbf.de/pub/band_zwanzig_bildungsforschung.pdf.
- Hartong, Sigrid, und Andreas Breiter. 2021. «Between fairness optimization and 'inequalities of dataveillance': The emergence and transformation of social indices in German school monitoring and management». In *World Yearbook of Education 2021. Accountability and Datafication in the Governance of Education*, herausgegeben von Sotiria Grek, Christian Maroy, und Antoni Verger, 54–71. London: New York: Routledge.
- Hartong, Sigrid, Andreas Breiter, Juliane Jarke, und Annina Förtschler. 2020. «Digitalisierung von Schule, Schulverwaltung und Schulaufsicht». In *Handbuch Digitalisierung in Staat und Verwaltung*, herausgegeben von T. Klenk, F. Nullmeier, und G. Wewer, 485–94, Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23668-7_43.
- Hartong, Sigrid, und Annina Förtschler. 2019. «Opening the Black Box of Data-Based School Monitoring: Data Infrastructures, Flows and Practices in State Education Agencies». *Big Data & Society* 6 (1): <https://doi.org/10.1177/2053951719853311>.
- Hepp, Andreas, Juliane Jarke, und Leif Kramp, Hrsg. *New Perspectives in Critical Data Studies: The Ambivalences of Data Power*. Transforming Communications. Palgrave.
- Heuer, Hendrik. 2020. «Users and Machine Learning-Based Curation Systems». Diss., Universität Bremen. <https://doi.org/10.26092/ELIB/241>.

- Ifenthaler, Dirk, und Hendrik Drachsler. 2018. «Learning Analytics». In *Lernen mit Bildungstechnologien: Praxisorientiertes Handbuch zum intelligenten Umgang mit digitalen Medien*, herausgegeben von H. Niegemann und Armin Weinberger, 1–20. Berlin Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54373-3_42-1.
- Introna, Lucas D. 2015. «Algorithms, Governance, and Governmentality. On Governing Academic Writing». *Science, Technology & Human Values*, 41 (1): 17–49. <https://doi.org/10.1177/0162243915587360>.
- Introna, Lucas D., und Helen Nissenbaum. 2000. «Shaping the Web: Why the politics of search engines matters». *The information society* 16 (3): 169–85. <https://doi.org/10.1080/01972240050133634>.
- Jarke, Juliane. 2018. «Digitalisierung und Gesellschaft». *Soziologische Revue* 41 (1): 3–20. <https://doi.org/10.1515/srsr-2018-0002>.
- Jarke, Juliane, und Andreas Breiter. 2019. «Editorial: the datafication of education». *Learning, Media and Technology* 44 (1): 1–6. <https://doi.org/10.1080/17439884.2019.1573833>.
- Jarke, Juliane, und Felicitas Macgilchrist. 2021. «Dashboard stories: How narratives told by predictive analytics reconfigure roles, risk and sociality in education». *Big Data & Society* 8 (1): 1–13. <https://doi.org/10.1177/205395172111025561>.
- Jude, Nina, Jeanette Ziehm, Frank Goldhammer, Hendrik Drachsler, und Marcus Hasselhorn. 2020. «Digitalisierung an Schulen - eine Bestandsaufnahme». Frankfurt am Main: DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation. <https://doi.org/10.25656/01:20522>.
- Kitchin, Rob. 2014. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Kitchin, Rob. 2017. «Thinking critically about and researching algorithms». *Information, Communication & Society* 20 (1): 14–29. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2016.1154087>.
- Knuth, Donald E. 1985. *Fundamental Algorithms: The Art of Computer Programming Volume 1*. New Delhi: Narosa.
- Kubicek, Herbert, Andreas Breiter, und Juliane Jarke. 2019. «Daten, Metadaten und Interoperabilität». In *Handbuch Digitalisierung in Staat und Verwaltung*, herausgegeben von Tanja Klenk, Frank Nullmeier, und Göttrik Wewer, 28–39, Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23669-4_1-1.
- Latour, Bruno. 1987. *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. 11. print. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, Bruno. 1988. *The pasteurization of France*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, Bruno. 2004. «The Social as Association». In *The future of social theory*, herausgegeben von Nicholas Gane, 77–90. London: Continuum.
- Latour, Bruno. 2007. *Reassembling the social: An introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Law, John. 1994. *Organizing Modernity*. Oxford: Blackwell.
- Law, John. 2001. «Ordering and Obduracy». Centre for Science Studies, Lancaster University. <http://www.lancs.ac.uk/fass/sociology/papers/law-ordering-and-obduracy.pdf>.

- Linn, Robert L., Eva L. Baker, und Damian W. Betebenner. 2002. «Accountability Systems: Implications of Requirements of the No Child Left Behind Act of 2001». *Educational Researcher* 31 (6): 3–16. <https://doi.org/10.3102/0013189X031006003>.
- Livingstone, Sonia, und Julian Sefton-Green. 2016. *The class: living and learning in the digital age*. Connected youth and digital futures. New York: New York University Press.
- Ludwig, Harald. 1995. «Moderne Ganztagschule als Leitmodell von Schulreform im 20. Jahrhundert. Historische Entwicklung und reformpädagogische Ursprünge der heutigen Ganztagschule». In *Ganztagsziehung in der Schule*, 49–66. Wiesbaden: VS. https://doi.org/10.1007/978-3-322-95711-5_3.
- Mager, Astrid. 2012. «Algorithmic Ideology». *Information, Communication & Society* 15 (5): 769–87. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.676056>.
- Mandinach, Ellen B., und Margaret Honey. 2008. *Data-Driven School Improvement*. New York: Teacher College: Columbia University.
- Martens, Kerstin, Alexander-Kenneth Nagel, Michael Windzio, und Ansgar Weymann. 2010. *Transformation of Education Policy*. Basingstoke: Palgrave.
- Martens, Kerstin, und Dennis Niemann. 2013. «When Do Numbers Count? The Differential Impact of the PISA Rating and Ranking on Education Policy in Germany and the US». *German Politics* 22 (3): 314–32. <https://doi.org/10.1080/09644008.2013.794455>.
- Mau, Steffen. 2017. *Das metrische Wir: über die Quantifizierung des Sozialen*. Berlin: Suhrkamp.
- Mills, Craig N., Maria T. Potenza, John J. Fremer, und William C. Ward, Hrsg. 2002. *Computer-Based Testing: Building the Foundation for Future Assessments*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Neyland, Daniel. 2006. *Privacy, Surveillance and Public Trust*. London: Palgrave-Macmillan. <http://eprints.gold.ac.uk/7690/>.
- Oertzen, Christine von. 2017. «Die Historizität der Verdattung: Konzepte, Werkzeuge und Praktiken im 19. Jahrhundert». *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 25 (4): 407–34. <https://doi.org/10.1007/s00048-017-0183-6>.
- Orlikowski, Wanda J. 2006. «Material knowing: the scaffolding of human knowledgeability». *European Journal of Information Systems* 15 (5): 460–66. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000639>.
- Orlikowski, Wanda J., und Susan V. Scott. 2008. «Sociomateriality: Challenging the Separation of Technology, Work and Organization». *The Academy of Management Annals* 2 (1): 433–74. <https://doi.org/10.1080/19416520802211644>.
- Orlikowski, Wanda J., und Susan V. Scott. 2014. «What Happens When Evaluation Goes Online? Exploring Apparatuses of Valuation in the Travel Sector». *Organization Science* 25 (3): 868–91. <https://doi.org/10.1287/orsc.2013.0877>.
- Ottmann, Thomas, und Peter Widmayer. 2012. *Algorithmen und Datenstrukturen*. Heidelberg: Spektrum.
- Papamitsiou, Zacharoula, und Anastasios A. Economides. 2014. «Learning Analytics and Educational Data Mining in Practice: A Systematic Literature Review of Empirical Evidence». *Educational Technology & Society* 17 (4): 49–64. <https://drive.google.com/file/d/1iLb4Mf3uClTlv0JAUyYbW0Q-CjeMt-/view>.

- Parks, Malcolm R. 2014. «Big Data in Communication Research: Its Contents and Discontents». *Journal of Communication* 64 (2): 355–60. <https://doi.org/10.1111/jcom.12090>.
- Pollock, Neil. 2012. «Ranking devices: The socio-materiality of ratings». In *Materiality and Organizing: Social Interaction in a Technological World*, herausgegeben von Paul Leonardi, Bonnie Nardi, und Jannis Kallinikos, 91–112. Oxford: Oxford University Press.
- Ruppert, Evelyn. 2011. «Population Objects: Interpassive Subjects». *Sociology* 45 (2): 218–33. <https://doi.org/10.1177/0038038510394027>.
- Ruppert, Evelyn, und Engin Isin. 2015. *Being digital citizens*. London; New York: Rowman & Littlefield.
- Selwyn, Neil. 2015. «Data entry: towards the critical study of digital data and education». *Learning, Media and Technology* 40 (1): 64–82. <https://doi.org/10.1080/17439884.2014.921628>.
- Sommerville, Ian. 2011. *Software engineering*. 9th edition. Harlow: Addison-Wesley.
- Suchman, Lucy. 2012. «Configuration». In *Inventive Methods the Happening of the Social*, herausgegeben von Celia Lury und Nina Wakeford, 48–60. Hoboken: Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203854921>.
- Wehner, Josef, Jan-Hendrik Passoth, und Tilmann Sutter. 2012. «Gesellschaft im Spiegel der Zahlen - Die Rolle der Medien». In *Mediatisierte Welten: Forschungsfelder und Beschreibungsansätze*, herausgegeben von Friedrich Krotz und Andreas Hepp, 59–85. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94332-9_3.
- Williamson, Ben. 2015. «Governing software: networks, databases and algorithmic power in the digital governance of public education». *Learning, Media and Technology* 40 (1): 83–105. <https://doi.org/10.1080/17439884.2014.924527>.
- Williamson, Ben, und Nelli Piattoeva. 2018. «Objectivity as Standardization in Data-Scientific Education Policy, Technology and Governance». *Learning, Media and Technology*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/17439884.2018.1556215>.
- Youdell, Deborah. 2004. «Engineering School Markets, Constituting Schools and Subjectivating Students: The Bureaucratic, Institutional and Classroom Dimensions of Educational Triage». *Journal of Education Policy* 19 (4): 407–31. <https://doi.org/10.1080/0268093042000227474>.

Förderung

Der Beitrag ist im Rahmen des Verbundprojektes «DATAFIED – DATA For and In Education» entstanden, das vom BMBF gefördert wird (Förderkennzeichen: 01JD1803A).

Danksagung

Wir bedanken uns bei den DATAFIED-Teammitgliedern Annekatriin Bock, Vito Dabisch, Sigrud Hartong, Sieglinde Jorwitz, Angelina Lange, Felicitas Macgilchrist, Ben Mayer, Tjark Raabe, Jasmin Tröger und Irina Zakharova sowie Mirjana Etteldorf für die Durchsicht des Manuskripts. Wir danken auch unseren anonymen Gutachter*innen für ihr konstruktives und hilfreiches Feedback.