

Algorithmische Sortierungen

Eine neopragmatische Perspektive auf KI-gestützte Klassifikationen in der schulischen Bildung

Andrea Isabel Frei, Mario Steinberg und Kenneth Horvath

Abstract

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Schulkontexten hat für die Gestaltung von Bildungsbiografien und die Verteilung von Bildungschancen potenziell weitreichende Folgen. Der vorliegende Beitrag wirft die Frage auf, wie wir das Wechselspiel von sozialen Ungleichheiten, pädagogischer Praxis und KI-gestützten Technologien analytisch so fassen können, dass wir (ungewollte) Ungleichheitseffekte erklären können, ohne darauf zurückzufallen, involvierten Akteur:innen letztlich fehlende Einsicht in die Problematik oder gar Böswilligkeit zu unterstellen. Inspiriert von der neopragmatischen Soziologie der Kritik rücken wir Logiken und Praktiken der Klassifikation als Anker- und Ausgangspunkt einer solchen Perspektive in den Fokus. Im Fall ›algorithmischer Sortierungen‹ in Kontexten der schulischen Bildung sind diese Klassifikationspraktiken durch zwei Formen von Pluralität geprägt: erstens variierende Vorstellungen davon, was eine ›gute und gerechte Schule‹ ausmacht; zweitens divergierende Handlungslogiken in pädagogischen und technologischen Arbeitszusammenhängen. Aus dieser doppelten Pluralität ergeben sich spannungsreiche Konfigurationen, die verstehen helfen, wie sich in der Verkettung von Gestaltungs- und Nutzungsformen von Bildungstechnologien beharrliche Muster der Bildungsbenachteiligung halten und entfalten können.

1. Einleitung

Spätestens mit der ausufernden Aufmerksamkeit, die Chat GPT zum Jahresbeginn 2023 zuteil wurde, ist das Thema KI endgültig in bildungspolitischen und pädagogischen Diskursen angekommen. So facettenreich die tagespolitischen Auseinandersetzungen mit den Chancen und Herausforderungen einer solchen Software zur automatisierten Textproduktion waren, so wenig wurde in diesen Diskussionen einem entscheidenden Aspekt KI-gestützter Bildungstechnologien Aufmerksamkeit geschenkt: den fundamentalen Gerechtigkeitsfragen, die sie aufwerfen (siehe etwa Noble, 2018; Dixon-Román et al., 2020; Rafalow, 2021; Simbeck 2022).

Künstliche Intelligenz ist ein Sammelbegriff für Algorithmen, die im Kern vor allem eines tun: Muster in großen Datenmengen identifizieren und auf dieser Grundlage Fälle in Kategorien einteilen (Dourish, 2016; Zweig, 2019). In anderen Worten: Sie klassifizieren. KI-gestützte Algorithmen reproduzieren daher zwangsläufig Regelmäßigkeiten, die sie in bestehenden Daten vorfinden (Beer, 2017). Im Fall von Chat GPT sind dies z.B. Arten von Texten und Muster, wie diese strukturiert und ausgestaltet sind, sowie Inhalte, die typischerweise in bestimmter Art miteinander gekoppelt vorzufinden sind.

Auch Gerechtigkeitsfragen im Kontext von KI ergeben sich aus diesen Prozessen des Erkennens und Anwendens von Mustern. Die technische Möglichkeit zu solchen Formen der automatisierten Klassifikation wird dabei einerseits mit weitreichenden Versprechen von mehr Bildungsgerechtigkeit verbunden (Horvath, Steinberg & Frei, 2023). Machtvoll schlagen sich diese Hoffnungen insbesondere in Visionen einer umfassenden Personalisierung (schulischen) Lernens nieder – in Vorstellungen von radikal adaptiven Lernwegen, die den Interessen, Stärken und Bedürfnissen jedes einzelnen Kindes gerecht werden sollen. Dem stehen empirisch gut belegte Warnungen vor algorithmischer Diskriminierung und damit vor der Verfestigung bestehender Ungleichheiten gegenüber (McStay, 2020; Gulson, Sellar & Webb, 2022; Perrotta & Selwyn, 2020).

Vor diesem Hintergrund geht der vorliegende Beitrag der Frage nach, wie wir das Spannungsverhältnis von Bildungsungleichheiten und Automatisierungstechnologien sozialtheoretisch gehaltvoll konzipieren können. Das Anliegen des Beitrags ist ein konzeptuelles. Die zentrale Herausforderung für eine angemessene Theoretisierung algorithmischer Sortierungen sehen wir darin, beharrliche Muster potenziell diskriminierender Klassifikationen erklärbar und verstehbar zu machen, ohne unter der Hand fragwürdige sozialtheoretische Annahmen einzuführen, konkret: ohne den involvierten Akteur:innen letzten Endes fehlende Einsicht, fehlenden Willen oder gar Inkompetenz, Naivität oder Böswilligkeit zu unterstellen.

Das Problem der Gerechtigkeit algorithmischer Sortierungen kommt dabei in doppelter Form ins Spiel. Zum einen motiviert es das Vorhaben: Die bildungswissenschaftliche Forschung steht unseres Erachtens in der Pflicht, das Zustandekommen von ungewollten Benachteiligungen zu erklären und zu ihrer Überwindung beizutragen. Zum anderen kommen Gerechtigkeitsfragen aber auch als analytischer Schlüssel für die empirische Auseinandersetzung ins Spiel. Dem hier vorgeschlagenen Theorierahmen folgend dienen moralische Ordnungen und Orientierungen der involvierten Akteur:innen als Ausgangspunkt für die Erklärung von sozialen Phänomenen. Wir müssen verstehen, was Akteur:innen für gut und gerecht halten (oder zumindest für nicht schlecht und ungerecht), um die Muster zu erklären, die sich in der Gestaltung von Algorithmen und der Nutzung von Bildungstechnologien im schulischen Alltag zeigen.

Im Zentrum unserer Überlegungen stehen Klassifikationen und unterschiedlichste Formen der Sortierung, die im schulischen Alltag permanent stattfinden (Domina et al., 2017). Diese Sortierungen sind geprägt von der grundlegenden Spannung, dass schulische Bildung auf egalitäre Weise Ungleichheiten produzieren *muss* (Derouet, 1992; Imdorf & Leemann 2019; Horvath & Leemann, 2021). Sie markieren daher einen vielversprechenden Ausgangs- und Ankerpunkt für die Analyse beharrlicher Bildungsungleichheiten.

Auf dieser Grundlage ergibt sich die Kernfrage, welche Form algorithmische Sortierungen (ob KI-gestützt oder nicht) im Verhältnis zu diesen immer schon stattfindenden pädagogischen Sortierungen annehmen und welche Wirkungen sie im Wechselspiel mit diesen entfalten. Um dieses Zusammenspiel zu entschlüsseln (und damit auch Ansatzpunkte zur gerechteren Gestaltung von Technologien zu identifizieren), müssen wir die Perspektiven und Probleme ernst nehmen, wie sie in konkreten Situationen des (beruflichen) Alltags der in die Gestaltung und Nutzung von Bildungstechnologien involvierten Akteur:innen vorliegen – sowohl auf technologischer als auch auf pädagogischer Seite. Dabei zeigen sich grundlegende Spannungen zwischen verschiedenen Verständnissen einer guten und gerechten Schule, die auf meist nicht reflektierte Art in die Gestaltung und Nutzung von Bildungstechnologien einfließen. Diese spannungsreichen Konstellationen liefern einen ersten Ansatzpunkt zum Verständnis ungewollter sozialer Effekte algorithmischer Sortierungen.

Im Folgenden führen wir zunächst den sozialtheoretischen Rahmen ein, auf dem unsere Argumentation fußt (Abschnitt 2). Ausgehend von grundlegenden Annahmen der post-Bourdieu'schen französischen pragmatischen Soziologie (Barthe et al., 2016; Diaz-Bone, 2018a; Imdorf, Leemann & Gonon, 2019) motivieren wir unseren Fokus auf Sortierungen und Klassifikationen als Schlüssel zum Verständnis beharrlicher Bildungsungleichheiten. In Abschnitt 3 verschieben wir den Fokus auf das technologische Feld und fragen, wie die Heuristik der Sortierungen genutzt werden kann, um die Produktion von Algorithmen in ihren vielfältigen sozialen Einbettungen zu entschlüsseln. Abschnitt 4 präsentiert erste Überlegungen dazu, welche Art von Einsichten und Befunden wir erwarten können, wenn wir auf der skizzierten konzeptuellen Grundlage pädagogische und algorithmische Sortierungen in ihrem Wechselspiel in den Blick nehmen.

2. Beharrliche Bildungsungleichheiten aus Sicht der französischen pragmatischen Soziologie

Der Zugang, den wir vorschlagen, um Ungleichheits- und Gerechtigkeitsfragen im Kontext KI-gestützter Bildungstechnologien forschend in den Blick zu nehmen, ist von aktuellen Strömungen der französischen pragmatischen Soziologie geprägt. Im

deutschen Sprachraum sind diese Strömungen auch als »Soziologie der Konventionen« oder als »Soziologie der Kritik« bekannt (Boltanski & Thévenot, 2007; Boltanski, 2010; Diaz-Bone, 2011; 2018a; 2018b).

Die französische pragmatische Soziologie nimmt ihren Ausgangspunkt in einer (selbst-)kritisch bilanzierenden Auseinandersetzung mit Bourdieus Programm einer Soziologie der Herrschaft (Boltanski, 2010). Im Verhältnis zu dieser nimmt sie eine dreifache Verschiebung vor. Erstens wird die Annahme eines privilegierten wissenschaftlichen Erkenntnisstandpunkts aufgegeben (Barthe et al., 2016). Damit geht zweitens eine grundlegend andere Perspektive auf soziale Akteur:innen einher (Dodier, 2011). Vertreter:innen der französischen pragmatischen Soziologie argumentieren, dass in traditionellen Spielarten einer kritischen Sozialforschung Akteur:innen letztlich (wenn auch häufig implizit) die Kompetenz zum Verständnis der sie umgebenden sozialen Verhältnisse abgesprochen wird. Demgegenüber ist die französische pragmatische Soziologie von der Überzeugung getragen, dass soziale Akteur:innen kompetent sind in dem Sinne, dass sie über moralisch-kritische Ressourcen verfügen, die es ihnen erlauben, Situationen, Personen und Dinge zu evaluieren und diese einer Prüfung ihres situativen Wertes zu unterziehen (Diaz-Bone, 2011; Imdorf et al., 2019). Drittens ergibt sich damit eine andere Definition des »kritischen« Auftrags sozialwissenschaftlicher Forschung (Boltanski, 2010): Die Aufgabe besteht demnach nicht darin, zu »entschleiern« oder »aufzuklären«, sondern darin, über das Identifizieren von Spannungen und blinden Flecken in dominanten Problematisierungen die Möglichkeiten des kritischen Engagements aller beteiligten Akteur:innen zu erweitern (Horvath et al., 2023).

Diese dreifache Verschiebung ist entscheidend, um zu verstehen, wie die französische pragmatische Soziologie Gerechtigkeits- und Ungleichheitsfragen zum Thema und Gegenstand macht. Ins Zentrum der Aufmerksamkeit rückt das Rätsel beharrlicher Bildungsungleichheiten (Horvath & Leemann, 2021): die Persistenz von Benachteiligungen, die gemeinhin als ungerecht wahrgenommen werden, breit bekannt und umfassend erforscht sind – und dennoch Bestand haben. Sofern wir nicht davon ausgehen, dass Akteur:innen böswillig, inkompetent oder naiv agieren (Annahmen, die aus Sicht einer pragmatischen Soziologie vielen kritischen Analysen immanent, aber konsequent zu vermeiden sind), müssen wir die Gerechtigkeitsvorstellungen in den Fokus rücken, an denen Akteur:innen ihr Handeln ausrichten. Die Frage ist also, nach welchen Kriterien involvierte Akteur:innen beurteilen, ob eine gegebene Ungleichheit als gerecht oder ungerecht einzustufen ist.

Aus dieser Form der Thematisierung folgt, dass die französische pragmatische Soziologie den eigenen normativen Standpunkt analytisch in Klammern setzen muss. Sie liefert daher auch keine abschließende Definition davon, was generell unter Gerechtigkeit oder auch Ungleichheit zu verstehen ist, sondern fragt nach den Gerechtigkeits- und Ungleichheitskonzepten, die für soziale Akteur:innen in ihrem

täglichen Handeln leitend sind. Natürlich setzt sich jede forschende Beschäftigung unausweichlich zu diesen normativen Ordnungen in Beziehung – Sozialforschung nimmt eine ›komplexe Innenposition‹ (Boltanski 2010) im Verhältnis zu ihrem Gegenstand ein. Zunächst gilt es aber, die moralischen Ordnungen zu entschlüsseln, die bestimmte Ungleichheiten als gerecht(fertigt) erscheinen lassen oder nicht.

Für die empirische Entschlüsselung dieser moralischen Ordnungen stellt die französische pragmatische Soziologie eine Reihe von Leitbegriffen und -heuristiken bereit. Die Bewertung von Angemessenheit gelingt Akteur:innen über sogenannte *Konventionen*. Konventionen können verstanden werden als »kollektiv verfügbare Handlungsordnungen und Koordinationslogiken« (Diaz-Bone 2011, 23). Sie bilden einen »kollektive[n] interpretative[n] Rahmen« für die Bewertung der »Angemessenheit und Wertigkeit von Handlungen, Personen, Objekten und Zuständen« (Diaz-Bone 2011, 23) – und damit auch für Gerechtigkeits- und Ungerechtigkeitsdiagnosen. Durch die Bezugnahme auf Konventionen können Akteur:innen die Relevanz und Fairness von *Situationen* bewerten, aber auch kritisieren (Desrosières, 2011a; 2011b). Konventionen sind daher ebenfalls Angelpunkt situativer Rechtfertigungen (Boltanski & Thévenot, 2007).

Als entscheidende Komponente bringt die Soziologie der Konventionen an dieser Stelle das Problem der *Pluralität* ins Spiel. Akteur:innen können sich in ihren Bewertungen, Begründungen und Kritiken stets auf verschiedene (nicht unzählige, aber mehrere) moralische Ordnungen beziehen, in denen je andere Qualitäts- und Gerechtigkeitskriterien gelten. Jede dieser verschiedenen Ordnungen ist das Produkt historischer Prozesse der gesellschaftlichen Aushandlung, Formierung und Etablierung von verallgemeinerbaren Handlungslogiken. Diese Pluralität verfügbarer Konventionen wird in der pragmatischen Soziologie zu einer zentralen Ressource zur Erklärung sozialer Ordnungen und ihres Wandels.

Schulische Bildung markiert einen idealtypischen Rahmen für die Anwendung einer solchen sozialtheoretischen Perspektive. Aus Sicht einer pragmatischen Soziologie werden auch alltägliche schulische Praktiken¹ durch plurale moralische und epistemische Bezugsrahmen figuriert. Die Bezugnahme auf entsprechende Konventionen bestimmt, welches Bild von Schule Akteur:innen situativ mobilisieren und welche Kriterien sie anlegen, die in einer ›guten und gerechten Schule‹ (Horvath, 2021) der Zukunft gelten sollen (Derouet, 1992; Rahm, 2021; 2023). Diese

1 Die Verwendung des Begriffs der Praxis bzw. Praktiken folgt in diesem Text dem in der französischen Soziologie üblichen Gebrauch. Dieser ist in weiten Teilen deckungsgleich mit der Begriffsverwendung in aktuellen ›Praxistheorien‹ (Schatzki, 2016), aber nicht mit diesem gleichzusetzen. Insbesondere die in der pragmatischen Soziologie entscheidende Betonung der Reflexionskompetenz markiert im Vergleich zur stärkeren Betonung des unbewusst Ritualisierten in anderen Praxistheorien einen wichtigen Unterscheidungspunkt.

Vorstellungen erlauben es Akteur:innen, ihre schulische Praxis zu bewerten und zu kritisieren.

Derouet (1992) identifiziert fünf solcher Konventionen, die im Kontext moderner Schulsysteme historisch entwickelt und etabliert wurden. Er bezeichnet sie, Boltanski und Thévenot (2007) folgend, als »Welten« (franz. *Cité*) (Horvath et al., 2023). In einer *industriellen Schulwelt* sind Standardisierung und Effizienz leitende Kriterien für die Bewertung der Angemessenheit schulischer Bildung. Demgegenüber werden in einer *inspirierten Schulwelt* Selbstverwirklichung, Kreativität und Leidenschaft als pädagogische Leitvorstellungen betont. Die *marktliche Schulwelt* wiederum setzt als Äquivalenzprinzipien Kriterien wie ökonomische Verwertbarkeit von erworbenem Wissen (z.B. der Vorrang von anwendungsbezogenem Wissen gegenüber Allgemeinbildung) und Erfolg zentral. In einer *staatsbürgerlichen Schulwelt* wird Wert anhand von Inhalten und Fertigkeiten beurteilt, die Schüler:innen dazu befähigen, sich als Teil des politischen Gemeinwesens zu entwickeln und zu dessen Erhalt einen Beitrag zu leisten. Eine *häusliche Schulwelt* schließlich setzt Tradition, Gemeinschaft, aber auch Autorität und den Respekt vor Hierarchien als leitende Bewertungskriterien.

Die fünf von Derouet identifizierten Schulwelten sind nicht als vollständige und abschließende Aufzählung zu verstehen. Sie sind aber insofern als systematische Typologisierung zu verstehen, als für diese fünf Schulwelten jeweils historische Kontexte ihrer Verhandlung und ihrer gesellschaftlichen Etablierung zugeordnet werden können. Im Verlauf der Zeit können aber dementsprechend auch neue Schulwelten Gestalt annehmen und an Bedeutung gewinnen, während alte in den Hintergrund treten. Welche Schulwelten zu einem gegebenen Zeitpunkt bedeutsam sind, ist letztlich eine empirische Frage. So kann heute davon ausgegangen werden, dass *projektformige Schulwelten* eine eigenständige Bedeutung erlangt haben und den schulischen Alltag mitprägen (vgl. die konzise Darstellung von Imdorf et al., 2019, S. 9 ff.).

Wesentlich ist, dass mit dem Konzept der Schulwelten die Annahme einhergeht, dass gesellschaftlich breit verfügbare normative Vorstellungen existieren, die als allgemein verständliche Grammatik für die Gestaltung und Bewertung schulischer Bildungsprozesse dienen und vielfältige Aspekte des schulischen Alltags aufeinander beziehen, von Vorstellungen vom Sinn und Zweck schulischer Bildung über als sinnvoll erachtete Unterrichts- und Prüfungsformate bis hin zu Aspekten wie für gut befundene räumliche Arrangements.

Auch die Frage nach gerechten (oder ungerechten) pädagogischen und sozialen Differenzierungen wird je nach Schulwelt unterschiedlich gestellt und beantwortet (Imdorf & Leemann, 2019). So wird in inspirierten Schulwelten die Frage der Gerechtigkeit schulischer Bildung stark an die Idee von Individualisierung und Selbstentfaltung gekoppelt. Dies ist kein selbstverständlicher Zusammenhang – in anderen (etwa staatsbürgerlichen und industriellen) Schulwelten ist die Idee der Ge-

währleistung von Bildungsgerechtigkeit ganz im Gegenteil mit der Forderung verbunden, allen Schüler:innen unabhängig von ihrem sozialen und kulturellen Hintergrund die gleichen Inhalte in gleichbleibender Form zu vermitteln (Derouet, 1992; 2019).

Entsprechend kann aus Sicht der französischen pragmatischen Soziologie auch in Bildungskontexten keine eigene und abschließende Definition von (Bildungs-)Ungleichheiten und (Bildungs-)Gerechtigkeit gegeben werden. Statt selbst eine allgemeingültige Definition zu setzen, geht es darum, die Pluralität von normativen Konzepten der Bildungsungleichheit und der Bildungsgerechtigkeit im schulischen Alltag zu erfassen und zum Gegenstand der Analyse zu machen.

Das Problem beharrlicher Bildungsungleichheiten stellt sich vor diesem Hintergrund als Frage nach empirisch vorzufindenden Konfigurationen von Schulwelten, die in ihrem Zusammenspiel zu stabilen Mustern der Benachteiligung führen – Mustern, die durchaus als ungerecht wahrgenommen werden können, obwohl sie aus dem Zusammenspiel vieler einzelner Handlungen und Bewertungen hervorgehen, die je für sich als begründet und gerecht gelten können (Horvath, 2021).

Ins Zentrum der Aufmerksamkeit rücken damit genau diese einzelnen Handlungen und Bewertungen, die wir uns als vielfältige Akte der *Klassifikation* und *Sortierung* vorstellen können (Horvath, 2019; 2021). Fokussiert werden demnach Logiken der Klassifikation, die in der Organisation Schule alltäglich stattfinden und dort in diverse Praktiken der Sortierung übersetzt werden. Eine solche Fokussierung von schulischer Organisation und pädagogischer Praxis ist vielfältig an aktuelle bildungssoziologische und schulpädagogische Debatten anschlussfähig (Bräu & Schlickum, 2015; Prengel, 2016; Diehm et al., 2017; Stoltenhoff, 2022; Gomolla & Radtke, 2009; Imdorf, 2011; 2014; Hasse, 2016; Hasse & Schmid, 2010). Organisationssoziologisch betrachtet geht es darum, die Persistenz solcher Muster aus der Eigenlogik des Handlungsfelds heraus verständlich zu machen (Emmerich & Hormel, 2013; Weick, 2021). Der folgende Abschnitt konturiert diesen Blickwinkel weiter und übersetzt ihn in leitende heuristische Fragen für die anschließende Diskussion des Wechselspiels von pädagogischen und technologischen Sortierungen in der Gestaltung und Nutzung von Bildungstechnologien.

3. Pädagogische Sortierungen in ihren schulweltlichen Bezügen

3.1 Von Ungleichheiten zu Sortierungen

Die Übersetzung von Fragen der Bildungsungleichheit in Fragen der Sortierung und der Klassifikation² im pädagogischen Alltag macht auf eine grundlegende Spannung aufmerksam, mit der schulische Bildung konfrontiert ist. Einerseits ist die Aufgabe der Herstellung und Rechtfertigung von Ungleichheiten tief in die Struktur der Schule eingelassen (Luhmann, 2004). Obwohl Schule damit entscheidend zur Herstellung von gesellschaftlicher Ungleichheit beiträgt, unterliegt sie andererseits einem grundsätzlich egalitären Ethos (Domina et al., 2017): Ihr grundlegender gesellschaftlicher und politischer Auftrag ist auf die Herstellung von Gleichheit ausgerichtet – »eine Volksschule für alle«. Eine schulische Differenzierungspraxis kann so lange als gerechtfertigt angesehen werden, wie sie als meritokratisch legitimiert dargestellt bzw. auf Leistungsunterschiede zurückgeführt werden kann (Bourdieu & Passeron, 1971). Der spezifische Beitrag der französischen pragmatischen Soziologie liegt in diesem Zusammenhang darin, auf die Mehrdeutigkeit des Kriteriums der Leistung hinzuweisen. Was unter Leistung verstanden wird, variiert je nach Schulweltbezug; »wahre« Leistung kann an Fleiß ebenso festgemacht werden wie an Eigenständigkeit oder Erfolg (Horvath, 2022).

Als gerecht, relevant und angemessen begründbare Sortierungen sind damit genuiner Teil der operativen Eigenlogik von Schule und durchziehen den schulischen Alltag (Domina, Penner & Penner, 2017). Der Widerspruch zwischen Egalität und Selektivität führt demnach auch auf der Handlungsebene des Unterrichts zu einer strukturellen Spannung, die – professionstheoretisch folgenreich – in die Antinomie (Helsper, 1990) von »Fördern und Auslesen« (Streckeisen et al., 2007) mündet, nahezu alle Situationen pädagogischen Handelns prägt und sich in vielfältigen Praxen niederschlägt. Das beginnt bei Prozessen der Notengebung und Übertrittsentscheidungen und setzt sich in kleinteilige alltägliche pädagogische Praktiken fort, wie der Zuteilung von Schüler:innen in Lerngruppen, in Selbstsortierungen von Schüler:innen, in Lob und Tadel der Lehrperson, in impliziten Adressierungen, in Zuschreibungen von Lernschwierigkeiten und -behinderungen oder in der Beurteilung von Förderbedürfnissen (Powell, 2003; Bräu & Schickum, 2015; Diehm et al., 2017; Leemann, 2019, 118; Streckeisen et al., 2007; Imdorf et al., 2019; Wesselmann, 2022).

2 Die Begriffe der Sortierung und Klassifikation werden im Folgenden weitgehend synonym verwendet (siehe für eine eingehende Diskussion der dieser Verwendung zugrunde liegenden Klassifikationstheorie Díaz-Bone, 2018a; Horvath, 2021). Semantisch legt der Begriff der Klassifikation mehr Gewicht auf Logiken der Zuteilung (Äquivalenzprinzipien und Regeln der Zuordnung von Fällen in Kategorien), während der Begriff der Sortierung vorwiegend die situative praktische Anwendung solcher Klassifikationslogiken betont.

Für Akteur:innen in Bildungsorganisationen führt die Gleichzeitigkeit von Egalitätsanspruch und Selektionsdruck im Kontext beharrlicher Bildungsungleichheiten dazu, dass sie sich ständig mit kritischen Situationen konfrontiert sehen und nach dauerhaften Wegen und Strategien suchen müssen, diese zu bewältigen. An dieser Stelle wird der Mehrwert der Analyseperspektive der französischen pragmatischen Soziologie deutlich. Als entscheidende empirische Frage legt diese nahe zu entschlüsseln, wie Akteur:innen diese Aufgabe wahrnehmen (im doppelten Wort-sinn), indem sie auf verschiedene Schulwelten Bezug nehmen, um zu begründbaren Formen der Differenzierung und Kategorisierung von Schüler:innen zu gelangen. Eine Schulwelt kann sich dabei entweder als eine Legitimität verschaffende Ressource für die Rechtfertigung einer Sortierung, einer Bewertung o. Ä. darstellen oder es kann mit Bezug auf eine Schulwelt eine Sortierung o. Ä. kritisiert und als unangemessen zurückgewiesen werden (Imdorf, 2011).

Zu betonen ist, dass wir es im pädagogischen Alltag nicht nur mit schulimmanenten Sortierungen zu tun haben. Gerade für die Analyse des Wechselspiels von sozialen Ungleichheitsordnungen und Bildungsungleichheiten kommt außerschulischen Kategorien eine wichtige Rolle zu: Um mit der Komplexität ungewisser Situationen des schulischen Alltags umzugehen, können sich Akteur:innen in Entscheidungssituationen auf gesellschaftlich etablierte und breit als legitim anerkannte Unterscheidungen etwa nach Gender, sozialer Herkunft oder Migrationsstatus beziehen. Solche Formen der Vermengung von im engeren Sinn pädagogischen und schulischen Sortierungen mit sozialen Kategorien sind potenziell folgenreich, weil sie zu Mustern der institutionellen Diskriminierung führen können (Gomolla & Radtke, 2009; Emmerich & Hormel, 2013; Imdorf, 2014; Horvath, 2019).

Der analytische Schritt, Klassifikationen und Sortierungen zum Anker- und Ausgangspunkt für die Auseinandersetzung mit Gerechtigkeitsfragen in Kontexten schulischer Bildung zu machen, erlaubt, neu über die Rolle von Technologien und Algorithmen für die Produktion und Transformation von Ungleichheitsordnungen in der schulischen Bildung nachzudenken. Zusammenfassend lässt sich die skizzierte Analyseperspektive in vier leitende Fragen übersetzen. Diese Fragen spannen den Bogen von der deskriptiven Auseinandersetzung mit schulischen Sortierungen über handlungswirksame Qualitäts- und Gerechtigkeitsvorstellungen hin zu den möglichen Ungleichheitseffekten von pädagogischen Arrangements:

- Pädagogische Sortierungen: Welche Art von Sortierung können wir in einer gegebenen Situation des schulischen Alltags erwarten?
- Situationen: Wie gestalten involvierte Akteur:innen diese Sortierungen im Umgang mit ungewissen Situationen des pädagogischen Alltags konkret aus?
- Konventionen: Welche Vorstellungen einer guten und gerechten Schule schlagen sich in diesen Sortierungen nieder? Welche Spannungen zwischen widerstreitenden Vorstellungen zeigen sich?

- Sortiereffekte: Welche (ungewollten) Sortiereffekte ergeben sich im Wechselspiel situativer Praktiken, konventioneller Vorstellungen und sozialer Ordnungen?

3.2 Sortierungen an der Schnittstelle von Technologie und Pädagogik

Mit dem hier vorgeschlagenen theoretischen Zugang lassen sich Gerechtigkeitsfragen im Kontext der Digitalisierung im Bildungswesen so wenden, dass wir zunächst nach den Schulwelten fragen, auf die sich Akteur:innen beziehen, wenn sie Sortierungen und Klassifikationen gestalten, durchführen oder bewerten. Eine solche Analyse von Logiken und Praktiken der Sortierung – mit Konventionen als Schnittstelle zwischen ihnen – ist ein wichtiger Schritt zu einem besseren Verständnis der Sortiereffekte, die Bildungstechnologien entfalten können. Das gilt insbesondere für KI-gestützte Bildungstechnologien, die zwangsläufig mit Formen der algorithmischen Sortierung einhergehen (Selwyn & Facer, 2021; Morozov, 2021).

Das analytische Vorgehen lässt sich entlang der vier vorgeschlagenen Leitfragen anhand von Beispielen aus unseren eigenen empirischen Arbeiten darstellen (Steinberg, 2021; Steinberg & Schmid, 2023; Horvath et al., 2023). So wird Classroom-Management-Software, wie sie im schulischen Kontext vermehrt eingesetzt wird, meist mit dem Versprechen beworben, dass sie es Lehrpersonen erlaubt, ihren Unterricht radikal zu individualisieren und damit Räume für personalisiertes Lernen zu eröffnen. Die Form der Sortierung (Frage 1), die hier in Aussicht gestellt wird, zielt explizit auf die Herstellung von Bildungsgerechtigkeit durch die Klassifikation von Schüler:innen hinsichtlich ihrer individuellen Interessen, Bedürfnisse und Talente. Diese Vorstellung folgt der Logik einer inspirierten Schulwelt. Oft sind in solche Technologien etwa Learning-Analytics-Elemente eingebettet, welche Lehrpersonen dabei helfen sollen, die einzelnen Lernständen und Fähigkeiten der Schüler:innen zu erfassen und angemessen auf diese zu reagieren. Betrachten wir die Formen des Umgangs mit dieser Software jedoch in realen Situationen des pädagogischen Alltags (Frage 2), so zeigt sich, dass die Geräte häufig eher zur effizienten panoptischen Kontrolle eingesetzt werden, sprich: zur Herstellung von und Sortierung mit Blick auf Aufmerksamkeit und Disziplin. Die schulweltlichen Bezugsrahmen (Frage 3) unterscheiden sich also fundamental: Den rahmenden Narrativen folgend zu erwartende Formen der individualisierenden Sortierung (inspirierte Schulwelt) zum Trotz setzen Lehrpersonen technologisch gestützt Sortierungen durch, die eher auf Vorstellungen einer industriellen Schulwelt verweisen. Die real zu erwartenden Sortiereffekte (Frage 4) werden damit hochgradig fraglich.

Die Frage ist aber nicht nur, welche realen pädagogischen Sortierungen mit einer gegebenen (und unter Umständen >ganz anders gemeinten<) Bildungstechnologie gestaltet werden (und mit welchen Sortiereffekten). Es ist auch zu fragen, welche Bezugnahmen auf diverse Schulwelten – bzw. welche Vorstellungen einer guten und

gerechten Schule – in die Entwicklung von Bildungstechnologien einfließen, noch bevor diese in pädagogischen Situationen zum Einsatz kommen. Der vorgeschlagene Theorierahmen lenkt den Blick nicht nur auf den Einsatz von algorithmischen Technologien im Schulalltag, sondern auch auf die Handlungszusammenhänge, in denen Algorithmen überhaupt erst Gestalt annehmen – und damit auf im weitesten Sinn technologische Arbeitszusammenhänge und -situationen. Wenn wir die Formen verstehen wollen, die Bildungstechnologien gegeben werden, müssen wir dem hier präsentierten Verständnis zufolge zunächst fragen, wie diese aus konkreten Situationen technologischer Praxis emergieren und wie Vorstellungen von gelungener *technologischer* Umsetzung dabei wirksam werden. In ihrem Wechselspiel erlaubt die kombinierte Betrachtung pädagogischer und technologischer Konventionen und Situationen, die Persistenz ungewollter Sortiereffekte neu zu erklären und zu verstehen. Die Pluralität an Vorstellungen von Bildungsgerechtigkeit muss also mit einer zweiten Form der Pluralität zusammen gedacht werden: den verschiedenen situativen Anforderungen und Handlungslogiken, die im pädagogischen und technologischen Feld herrschen.

4. Algorithmische Sortierungen: Zum Problem der Klassifikation in Bildungstechnologien

Im Folgenden wollen wir die Überlegungen zur grundlegenden Sortierfunktion von Schulen auf technologische Sortierungen ausweiten, Sortierungen also, die nicht eigentlich im pädagogischen Feld erzeugt werden, dort aber durch den Einsatz von digitalen Bildungstechnologien Sortiereffekte entfalten. In den Blick geraten damit zunächst *Algorithmen* als Arbeitsgegenstand von EdTech-Entwickler:innen und hier insbesondere solche, die künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen nutzen, um zu klassifizieren (Birhane, 2021). Analog zu den strukturierenden Fragen aus Abschnitt 3.2 stellen wir im Folgenden vier leitende Fragen an KI-gestützte Algorithmen:

- Technologische Sortierungen: Welche Art von algorithmischen Sortierungen können wir in KI-gestützten Bildungstechnologien erwarten?
- Situationen: Welche Art von situativer Entscheidungs- und Gestaltungsarbeit nehmen Akteur:innen im technologischen Feld vor?
- Konventionen: Welche Vorstellungen einer ›gelungenen und professionellen‹ Gestaltung von Algorithmen schlagen sich in dieser Arbeit nieder und wo werden (welche) Vorstellungen einer guten und gerechten Schule wirksam?
- Sortiereffekte: Welche (ungewollten) Sortiereffekte sind schließlich im Wechselspiel technologischer und pädagogischer Sortierungen zu erwarten?

4.1 Technologische Sortierungen

Woran arbeiten Programmierer:innen, wenn sie an Algorithmen arbeiten und später im Schulalltag genutzten Technologien eine Form geben? Der Begriff Algorithmus bezeichnet im technisch-mathematischen Kontext zunächst nichts weiter als festgelegte Handlungsanweisungen, um klar definierte mathematische Probleme zu lösen, die sich in eine Programmiersprache übersetzen lassen (Zweig, 2019, S. 50–51). Ein Algorithmus in diesem Wortsinn hat fünf wichtige Eigenschaften: Endlichkeit, Bestimmtheit, Eingabe, Ausgabe und Wirksamkeit (Daston, 2022, S. 85). Je nach Anwendungsbereich werden diese fünf Kerneigenschaften von Algorithmen unterschiedlich gewichtet. In der Mathematik werden andere Kriterien für Endlichkeit toleriert als in der Computerprogrammierung, die ständig Rechenzeit im Auge behalten muss. Diese immanente Mehrdeutigkeit wird dadurch verschärft, dass Algorithmen immer in digitalen Gefügen funktionieren und damit nicht ganz einfach als Einheit auszumachen sind (Dourish, 2016, S. 4). Selbst für Programmierer:innen kann der Begriff Algorithmus eine vage, nicht-technische Bedeutung annehmen, als eine Art unüberschaubares kollektives Produkt gemeinschaftlicher Praktiken (Seaver, 2017).

In welchem Sinn können wir nun davon sprechen, dass so verstandene Algorithmen sortieren und mit welcher Art von Sortierung haben wir es zu tun? Systeme des maschinellen Lernens klassifizieren, sortieren und clustern Fälle, indem sie in möglichst großen, meist ungeordneten und komplexen Daten nach Ähnlichkeiten suchen. Nur das, was in den verarbeiteten Daten abgebildet ist, kann verarbeitet werden. An dieser Stelle können sich bereits bedeutsame Brüche zwischen narrativer Rahmung und realer technischer Umsetzung zeigen. So scheitert eine algorithmische Sortierung entlang von Interessen von Schüler:innen schon allein daran, dass zu diesen in aller Regel keine Daten vorliegen. Verarbeitet werden vielmehr meist Daten aus psychometrischen Tests oder andere Leistungsindikatoren. In so einem Fall wird von Leistung auf Interessen geschlossen, ein angesichts des Versprechens von ›Bildungsgerechtigkeit durch Personalisierung‹ mitunter folgenreicher Kurzschluss, der im technologischen Feld aber kaum problematisch wird, solange die Validität der Kategorisierung nicht auf Basis pädagogischer Expertise angezweifelt wird.

Basierend auf den beobachteten Mustern generieren Systeme des Machine Learning (ML) Vorhersagen zu individuellen Fällen. Zu den am häufigsten eingesetzten algorithmischen Klassifizierungsmethoden gehören Entscheidungsbäume, Random-Forest-Verfahren, logistische Regression, Support Vector Machines und zunehmend auch neuronale Netze (vgl. Baker & Siemens, 2022, S. 262). Diese KI-Algorithmen forcieren eine Bestimmbarkeit, limitieren den Horizont des Möglichen und gestalten eine der Vergangenheit angepasste Welt (vgl. Birhane, 2021, S. 33). Die von ihnen geleistete Generalisierungsarbeit setzt voraus, dass die von

ihnen aufgegriffenen und/oder hervorgebrachten Kategorien unzweideutig und alle enthaltenen Fälle in einer Kategorie »auf ewig« identisch sind (vgl. Daston, 2022, S. 93). Aus technologischer Sicht liegt darin ihre ganze Macht – ohne die Unterstellung persistenter Muster und unzweideutiger Kategorien kann KI nicht arbeiten. Aus pädagogischer Perspektive zeichnet sich hier aber erstens die Gefahr algorithmischer Diskriminierung ab (Noble, 2018): Die von Algorithmen genutzten Daten sind nicht sozial neutral und bilden bestehende Benachteiligungsmuster ab. Zweitens und subtiler ist darüber hinaus mit potenziellen Teufelskreisen zu rechnen: Wer einmal aufgrund historisch vorliegender Daten als leistungsschwach klassifiziert ist, droht in einem Wechselspiel von technologischen Sortierungen, pädagogischen Zuschreibungen und Dynamiken der Selbstsortierung zu geraten.

Dieser potenzielle Teufelskreis ist umso kritischer, als im Prozess des maschinellen Lernens unweigerlich Fehler passieren, sowohl im Sinn von falschen Klassifikationen (beispielsweise von Schüler:innen als gefährdet bezüglich ihres Lernerfolgs), wie auch im Sinn von korrekten, aber grob vereinfachenden Klassifikationsbezeichnungen (Susnjak et al., 2022). Mit Blick auf persistente Bildungsungleichheiten zeichnet sich an dieser Stelle die Notwendigkeit ab, mögliche ungewollte Sortiereffekte frühzeitig zu erkennen und zu verhindern. Aus technologischer Sicht geht es dabei primär um die Frage, wie mit sozialen Hintergrundvariablen wie Geschlecht oder Migrationshintergrund im Zuge der Modellierung von Algorithmen umzugehen ist. Sollen diese bewusst ausgespart, explizit mitmodelliert oder als Kontrollvariablen eingeführt werden? Whitman (2020) beschreibt eindrücklich die Spannungen, die sich aus dieser Frage ergeben – und die selten in einem pädagogisch informierten Prozess einer Entscheidung zugeführt werden.

Die Ergebnisse algorithmischer Kategorisierungen und Prognosen finden in den meisten Fällen in *Learning Analytics Dashboards* Ausdruck, die üblichste Art, wie Analyse-Ergebnisse aus Bildungsdaten kommuniziert werden. In solchen Dashboards wird die meist unreflektierte Verwobenheit von technologischen und pädagogischen Sortierungen deutlich. In ihnen werden verschiedene Indikatoren über Lernende, Lernprozesse und/oder Lern-Kontexte zu Visualisierungen aggregiert (Verbert et al., 2020). Daten wie von Schüler:innen geteilte Dokumente, Blog-Beiträge, Kommentare, Interaktionen in Foren, Nutzung von Social Media, Öffnen von Dokumenten und Videos, Einreichen von Aufgaben oder Verweildauer in einer Lernumgebung werden als einfach lesbare Graphen, Balkendiagramme, Tabellen, Ampeln, Symbole oder Netzwerke präsentiert (Altun & Kokoç, 2019).

Jarke und Macgilchrist (2021) weisen unter anderem darauf hin, wie soziale Interaktionen der Schüler:innen in Dashboards durch die Linse der prädiktiven Analyzesystemene zu reinen »In-Tech«-Interaktionen übergehen. Dashboard-Visualisierungen von sozialen Netzwerken etwa sollen damit »socially isolated or less engaged learners« (Sclater, 2017, S. 102–104) identifizieren. Diese in Technologien kodierten

Naturalisierungen können erhebliche soziale Folgen haben, da sie einerseits notwendigerweise die aktuellen Leistungen der Lernenden gegenüber den verborgenen und noch nicht entwickelten Potenzialen privilegieren, andererseits der tatsächliche persönliche Austausch unter den Schüler:innen letztlich an Relevanz einbüßt.

Im Zusammenhang mit solchen Visualisierungen lassen sich komplexe Kategorisierungspraktiken beobachten, und zwar sowohl (1) von Seiten der Entwickler:innen, die aus den erwähnten Datenquellen stellvertretende Kategorien für das Lernen (z.B. Dietz-Uhler & Hurn, 2013) entwerfen als auch (2) von Lehrkräften, die aus den Ergebnissen Handlungsanleitungen für die Gestaltung von Lernumgebungen, pädagogische Interventionsansätze und Lernempfehlungen ableiten (siehe z.B. Knobbout & van der Stappen, 2020; Monash University, 2023).

Dashboards sind damit eine Art Steuerkonsole, deren Zweck den in Industrie und Gewerbe verwendeten Technologien nicht unähnlich ist (Susnjak et al., 2022). Sie sollen überzeugende Narrative über Schüler:innen erzählen, denen etwa unterschiedliche Gefährdungspotenziale in bestimmten Kategorien diagnostiziert werden – Risiken, die dann von Lehrkräften entsprechend verwaltet werden müssen (Jarke & Macgilchrist, 2021). Diese im technologischen Feld erzeugten und anschließend im pädagogischen Feld bedienten Sortierungen aus digitalen Bildungstechnologien sind in puncto Gerechtigkeitsfragen alles andere als unkritisch: Einstufungen als »unmotiviert« oder »leistungsschwach« werden etwa auf pädagogisch und soziologisch nicht reflektierter Grundlage getroffen, sind darum aber um nichts weniger folgenreich für die Formierung von Bildungsbiografien.

Es sollte deutlich geworden sein, dass die involvierten Akteur:inne im gesamten Prozess der Entwicklung algorithmischer Sortierungen laufend Entscheidungen treffen. Die vielfältigen Voraussetzungen und Folgen dieser Entscheidungsprozesse bleiben aber meist unreflektiert. Diesem Problem wenden wir uns im nächsten Schritt zu.

4.2 Situative Gestaltungs- und Entscheidungsarbeit

Schon eine erste tentative Annäherung an die technologische Arbeit an Algorithmen lenkt den Blick auf gerechtigkeitsrelevante Aspekte. Diese zu identifizieren ist aber nicht ausreichend, um potenziell ungewollten Sortierungen vorzubeugen. Vielmehr müssen die Handlungsbedingungen berücksichtigt werden, die der technologischen Arbeit an und mit Algorithmen Grenzen setzen. Auch die Arbeit an Algorithmen findet in von Ungewissheiten und Spannungen geprägten beruflichen Situationen statt, in denen Entwickler:innen vielfältige Entscheidungen treffen. Ein einfaches Beispiel betrifft die Entscheidung zwischen verschiedenen alternativen Algorithmen zur Lösung einer Sortieraufgabe. Sortieralgorithmen gibt es Dutzende, und unter ausreichend klar definierten Bedingungen führen alle erwartbar zu (annähernd) denselben Lösungen, aber auf verschiedenen Wegen und mit

unterschiedlichem Zeitaufwand (Zweig, 2019, S. 57). In der Entscheidung, welcher Algorithmus genau verwendet wird und nach welchen Kriterien sortiert werden soll, liegt ein gestaltendes bzw. modellierendes Element. Wie diese Entscheidung getroffen wird, hängt von situativ verfügbaren Ressourcen und Handlungsanforderungen ab.

Diese Entscheidungs- und Gestaltungsarbeit wird schnell unübersichtlich. Algorithmen des maschinellen Lernens müssen sorgfältig abgestimmt werden, um die besten Resultate zu erhalten. Insbesondere müssen die Entwickler:innen die passenden Eingabefunktionen für den Algorithmus wählen, die er für die Optimierung der Ergebnisse verwendet. Dieser Prozess wird *feature engineering* genannt (McQuillan, 2022, S. 16). Diese weiteren Verfeinerungen und Justierungen sind aufwändig. Die Rechenzeit läuft stets Gefahr, außer Kontrolle zu geraten, weshalb das Kriterium der *Effizienz* ebenfalls entscheidend ist (Lowrie, 2017, S. 4). Es muss laufend über die sogenannten *hyperparameter* entschieden werden, d.h. mit Neuronalen Netzen etwa über die Anzahl und Größe der Schichten (*layers*), ihre Typen, Anordnung und andere Einstellungen wie die *learning rate*, die alle mit der Optimierung zu tun haben. Die gesamte Trainingsschleife wird viele Male wiederholt, bis das beste Modell gefunden ist (McQuillan, 2022, S. 22–23).

Im Prozess des maschinellen Lernens betrifft eine andere immer schon mit dem pädagogischen Feld verwobene (und entsprechend voraussetzungs- und folgenreiche) Entscheidung die Frage, anhand welcher Daten der Algorithmus trainiert werden soll. Algorithmen des maschinellen Lernens »lernen« zunächst an vorgelegten Beispielen, wie diese einzuschätzen sind. Data Scientists müssen in der Regel mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Datenformen zurechtkommen, die sie in der Konstruktion eines funktionierenden algorithmischen Verbundes in eine angemessene Form zusammenbringen müssen. Es gibt unterschiedliche Prozesse, um verschiedene Datentypen und Algorithmen zu koppeln, die zudem von Kenntnissen über Besonderheiten der Extraktion von brauchbaren Informationen abhängen (Lowrie, 2017, S. 4).

Überwiegend ist diese Gestaltungsarbeit mutmaßlich eine, deren Logik sich an Prämissen des technologischen Felds orientiert. In einzelnen Entscheidungen bildet sich ab, was aus Entwicklungssicht als wichtig erachtet wird (Zweig, 2019, S. 58). Diese technologischen Entscheidungen müssen immer in ihrer Beziehung zu anderen Kriterien und Aufgaben gesehen und getroffen werden. Dabei ist etwa an ökonomische Anforderungen zu denken, beispielsweise wenn die Entwicklung von Bildungstechnologien organisatorisch in Start-ups stattfindet, die sich nicht nur technologisch, sondern auch unternehmerisch bewähren müssen. Es werden aber immer auch Bezüge zu späteren Anwendungsfeldern notwendig, womit implizite Bezüge zu (mehr oder weniger zutreffend vorgestellten) pädagogischen Handlungskontexten hergestellt werden: Im Kontext von Algorithmen können Modellierungen allgemein als Formen der Vereinfachung einer Situation verstanden werden,

die noch präzise genug ist, um (in diesem Fall: pädagogisch) *relevante und anschlussfähige* analytische Schlüsse oder Vorhersagen zu ermöglichen (Zweig, 2019, S. 317).

Mit Blick auf Fragen der Bildungsgerechtigkeit ist aber zu vermuten, dass diese Bezüge in aktuellen Konfigurationen wenig situative Reflexionsanlässe und -zwänge implizieren. Die Arbeit an Algorithmen ist eine innertechnologische, in der soziale und pädagogische Fragen nicht systematisch in die Entscheidungs- und Gestaltungsarbeit einfließen. Diese Arbeit ist nichtsdestotrotz von pluralen Bezügen geprägt. Sie impliziert komplexe Koordinationsaufgaben, für deren erfolgreiche Bewältigung eine Fundierung in Konventionen unumgänglich ist. Diese strukturieren, d.h. ermöglichen und begrenzen, den von den Akteur:innen wahrgenommenen Entscheidungs- und Gestaltungsspielraum ebenso wie die Form, in der sie diesen nutzen.

4.3 Konventionen: zwischen technologischen und pädagogischen Welten

Dem hier vertretenen Blickwinkel folgend erfordert die Bewältigung der von Ungewissheiten und Mehrdeutigkeiten geprägten Aufgaben in der Arbeit an Bildungstechnologien eine Verankerung in Konventionen. Auch das technologische Feld ist von seinen eigenen normativen Orientierungen bzw. moralischen Ordnungen geprägt. Technisch gesehen liegt dem maschinellen Lernen dabei das Ideal der *Optimierung* zugrunde. Die Lösung eines Problems besteht darin, ein Ziel zu finden, auf das hin optimiert werden kann. Optimierung ist eine besondere Art von Rationalität, die voraussetzt, dass der Kontext datenbasiert ist, und die behauptet, dass die Vereinfachung der Komplexität in Form einer algorithmischen Berechnung anderen Lösungsansätzen überlegen ist. Die allgegenwärtigen Datensammlungen haben damit den alleinigen Zweck, Rohmaterial für diese Optimierungen zu liefern.

Die wesentlichen Komponenten eines maschinellen Lernsystems sind Verfahren zur Berechnung der Differenz zwischen seiner Vorhersage und den Trainingsdaten (die sogenannte Verlustfunktion) und ein Verfahren zur iterativen Verbesserung dieser Funktion (der Optimierer). Die Aufgabe des Optimierens besteht darin, wiederholt über die Trainingsdaten zu iterieren, bis die Verlustfunktion möglichst minimiert ist. Dann gilt das maschinelle Lernsystem als »trainiert« und verfügt nun über ein Modell zur Umwandlung von Eingabedaten in Klassifizierungen, die als Vorhersagen interpretiert werden können. Dabei kommen spezifische Qualitätskriterien ins Spiel: Ein großer Teil des technischen Aufwands beim maschinellen Lernen ist darauf ausgerichtet, die *präzisesten* Ergebnisse aus der Minimierung der Verlustfunktion zu erhalten (McQuillan, 2022, S. 14–15). Entsprechend sind möglichst *kurze Verarbeitungszeiten*, die *Rationalisierung* von Rechen- und Speicherarchitekturen und *systeminterne Standardisierungen* ebenso Bestandteil einer »eleganten« Problemlösung wie die *algorithmische Raffinesse* (Lowrie, 2017).

Dass die Gestaltung von Algorithmen sich vorwiegend aus technologischen Kriterien und Konventionen ergibt, bedeutet nicht, dass Schulwelten und die mit ihnen verbundenen Konventionen keine Rolle für sie spielen. Immerhin entspinnen sich rund um KI-gestützte Algorithmen weitreichende Imaginationen von digitalen Bildungsrevolutionen mit ebenso grundlegenden Gerechtigkeitsversprechen: Adaptive Technologien sollen hochwertige Bildung im großen Maßstab für die ganze Welt und in jedem Wissensbereich verfügbar machen (Dixon-Román et al., 2019; Høvs-gaard Maguire, 2019).

Die in allen uns verfügbaren Unterlagen dominante Idee des *Personalized Learning* mobilisiert dabei durchgängig das Bild einer inspirierten Schulwelt, in der Selbstverwirklichung, Hingabe und Leidenschaft betont werden (Horvath et al., 2023). Nimmt man die leitenden Qualitätskriterien und -konventionen ernst, die Situationen im technologischen Feld prägen, wird hier eine bislang unzureichend reflektierte und entscheidende Spannung deutlich: Die Orientierung auf Optimierung, Effizienz und Skalierung scheint eher einer industriellen Schulwelt zu entsprechen, in der Kriterien wie Standardisierung, Effizienz und marktliche Verwertbarkeit von Wissen leitend sind. Es zeichnen sich also spannungsreiche Konfigurationen ab – die unerwünschte Diskriminierungsfolgen haben können. Der Frage nach solchen ungewollten Sortiereffekten, die sich im Wechselspiel von technologischem und pädagogischem Feld ergeben können, ist der folgende und abschließende Abschnitt dieses Beitrags gewidmet.

5. Sortiereffekte: ungewollt – und unreflektiert?

Das zentrale Anliegen der bisherigen Ausführungen war es, einen konzeptuellen Rahmen für die Analyse des Zusammenspiels von Bildungstechnologien und (beharrlichen) Bildungsungleichheiten zu skizzieren. Wir schlagen vor, dieses Wechselspiel über die Leitheuristik *algorithmischer Sortierungen* zu fassen (vgl. Bechmann & Bowker 2019; Rafalow & Puckett, 2022; Rafalow, 2021): als Verkettung und Verschränkung von verschiedenen Logiken und Praktiken der Klassifikation, die sich zwischen pluralen Vorstellungen einer guten und gerechten Schule einerseits und zwischen pädagogischen und technologischen Handlungsfeldern andererseits entfaltet. Dabei gilt es, den Situationen und Konventionen des technologischen ebenso wie des pädagogischen Handlungsfelds Rechnung zu tragen.

Mit der mutmaßlich wachsenden Bedeutung von KI gewinnt ein solcher analytischer Blickwinkel allein deshalb an Bedeutung, weil erstens die landläufig unter »KI« zusammengefassten Verfahren im Kern auf verschiedene Formen der Sortierung hinauslaufen und zweitens mit dem zentralen Versprechen der Adaptivität KI-gestützter Technologien immanent Prozesse der Kategorisierung einhergehen. In Anbetracht neuerer Forschungsergebnisse gibt es gute Gründe, die Behaup-

tung, solche adaptiven Lernsysteme würden die Chancengleichheit in der Bildung garantieren, in Frage zu stellen. So veranschaulichen Dixon-Román et al. (2020) am Beispiel eines adaptiven Schreibtutors, wie die Wahl spezifischer Leistungsskalen, die in den meisten aktuellen adaptiven Lerntechnologien als Hauptkriterium für die Sortierung verwendet werden, unter der Hand zu rassistischen Verzerrungen führen kann. Durch die Brille des in diesem Beitrag präsentierten Analyserahmens ergibt sich dieses Diskriminierungspotenzial aus dem Zusammenspiel mehrerer situativ und epistemisch-moralisch verankerter Logiken und Praktiken der Sortierung:

- Auf technologischer Seite muss eine solche Schreibsoftware anhand vorgegebener Daten lernen, gelungene von (noch) nicht gelungenen Texten zu unterscheiden, typische Marker für beide Gruppen zu identifizieren und bei Schüler:innen Indizien für verschiedene Lernstände und -kurven zu diagnostizieren. Diese kombinierten Sortieraufgaben sind zunächst ein technologisches Problem der Verzahnung verschiedener Verfahren zur Mustererkennung in vorhandenen Datenbeständen.
- Die Suche nach technologisch optimalen Lösungen dieser Aufgabe geht aber immer schon mit pädagogischen Setzungen einher. So orientiert sich die Bewertung von Schreibkompetenzen notwendig an pädagogischen Vorstellungen von relevanten Lerninhalten und angemessenen Formen ihrer Prüfung. Diese pädagogische Setzung kann aber implizit und subtil erfolgen – beispielsweise durch die Wahl einer wohl etablierten (und damit als unstrittig geltenden) psychometrischen Skala zur Einstufung von Schüler:innen in Kompetenzstufen.
- Damit wird eine pädagogische Logik eingeführt, die effiziente Messung und Standardisierung zentral setzt und als einer industriellen Schulwelt folgend charakterisiert werden kann. Perrotta und Selwyn (2020) liefern detaillierte empirische Beispiele dafür, wie solche scheinbar neutralen standardisierten Personalisierungsalgorithmen die sozialen Beziehungen reproduzieren, in die sie eingebettet sind.
- Gerahmt werden solche Technologien allerdings häufig von Narrativen, die sich von einer Standardisierung explizit distanzieren und stattdessen mit der Orientierung an individuellen Stärken und Schwächen, Talenten und Bedürfnissen argumentieren. Diese Narrative finden keine Deckung in den Daten abgesehen von den individuellen Skalierungen auf Kompetenzskalen.

In der pädagogischen Praxis können solche Technologien nun auf verschiedenen Wegen Sortiereffekte entfalten, abhängig davon, wie sie von Lehrkräften und Schüler:innen genutzt werden. Ungewollte Sortiereffekte können sowohl in inspirierten als auch in industriellen Schulwelten, je für sich betrachtet, zustande kommen, aber auf unterschiedliche Art. So können den Idealen inspirierter Schulwelten folgen-

de selbstregulierte Lernumgebungen mächtige, aus diesen Schulwelten heraus aber kaum begründet kritisierbare Formen der Selbstsortierung von Schüler:innen hervorbringen (etwa, wenn sich Schüler:innen ihren Interessen und Stärken folgend rigiden Gendermustern folgend in Neigungsgruppen einteilen, siehe Horvath, 2022). Demgegenüber erzeugen industrielle Lernkontexte soziale Sortierungen, die sich aus systematischen Verzerrungen in standardisierten Prüfungsformaten ergeben.

Wird nun eine gegebene Bildungstechnologie dem leitenden Narrativ entsprechend einer inspirierten Schulwelt folgend für selbstgesteuertes Lernen genutzt, stellt sich die Frage nach den Selbstsortierungen, die Schüler:innen vornehmen, wenn sie sich engagiert oder weniger engagiert mit einer solchen Software beschäftigen, oder auch nach den Selbstbildern, die sie im selbstregulierten Umgang mit ihnen entwickeln. Wird so eine Software dagegen eher einer industriellen Schulwelt folgend eingesetzt, ist zu fragen, wie Lehrkräfte die standardisiert skalierenden algorithmischen Urteile interpretieren und weiterverarbeiten.

Diese verschiedenen Wege der ungewollten Sortierung sind aus der schulpädagogischen und bildungssoziologischen Forschung der letzten Jahrzehnte umfassend bekannt. Potenzielle Diskriminierungseffekte ergeben sich auf verschiedenen Wegen, aber stets aus einem Wechselspiel von Algorithmus (der auf häufig nicht vollständig verstehbaren und verstandenen Wegen kategorisiert) und Daten (die sozial keineswegs neutral sind und beispielsweise implizite Vorstellungen guter und gelungener Texte widerspiegeln). Die Vermengung von technologischen und pädagogischen Sortierungen führt aber zu einer neuen Gemengelage, in der es verstärkt zu Ausblendungen kommen kann (Horvath et al., 2023). So etwa, wenn eine inspiriert und individualisierend gerahmte Technologie Lernende nach ganz anderen (nämlich standardisiert vermessenden) Logiken einordnet und adressiert – diese Effekte aber weder auf pädagogischer noch auf technologischer Seite erkannt werden, weil auch die Bewertung der Lernumgebungen den Vorstellungen kreativer Schulwelten folgt.

Für die sozialwissenschaftliche Forschung und Analyse zeichnet sich vor diesem Hintergrund eine lange Reihe an Fragestellungen ab. So wäre zu klären, welche Dynamiken sich für verschiedene Formen von Bildungstechnologien zwischen gesellschaftlichen Ungleichheiten, die entlang von sozialen Kategorien wie Geschlecht oder Klasse organisiert sind, und algorithmischen Sortierungen im pädagogischen Alltag ergeben. Zu fragen wäre auch, welche Vorkehrungen auf technologischer und auf pädagogischer Seite getroffen werden können und sollen, um ungewollten Sortiereffekten entgegenzuwirken. Der Mehrwert des in diesem Beitrag besprochenen Blickwinkels liegt darin, auf die Bedeutung dieser Fragen hinzuweisen und einen Weg vorzuschlagen, sich ihnen sozialtheoretisch gehaltvoll und empirisch produktiv zu nähern.

Literatur

- Altun, A., & Kokoç, M. (2019). Following the Learners' Traces: Profiling Learners and Visualizing the Learning Process for Building Better Learning Experiences. In S. K. Mynth (Hg.), *Emerging Trends in Learning Analytics: Leveraging the Power of Education Data* (S. 100–121). Brill Sense.
- Baker, R., & Siemens, G. (2022). Learning Analytics and Educational Data Mining. In R. Sawyer (Hg.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (S. 259–278). Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge University Press.
- Barthe, Y., de Blic, D., Heurtin, J. P., Lagneau, É., Lemieux, C., Linhardt, D., Moreau de C., Bellaing, C. R., & Trom, D. (2016). Pragmatische Soziologie: Eine Anleitung. *Soziale Welt* 67(2), 205–232
- Bechmann, A., & Bowker, G. (2019). Unsupervised by any other name: Hidden layers of knowledge production in artificial intelligence on social media. *Big Data & Society*, 6(1), o.S.
- Beer, D. (2017). The Social Power of Algorithms. *Information. Communication & Society* 20(1), 1–13.
- Birhane, A. (2021). *Automating Ambiguity: Challenges and Pitfalls of Artificial Intelligence*. University College Dublin – School of Computer Science.
- Boltanski, L. (2010). *Soziologie und Sozialkritik*. Suhrkamp.
- Boltanski, L. & Thévenot, L. (2007). *Über die Rechtfertigung. Eine Soziologie der kritischen Urteilstkraft*. Hamburger Edition.
- Bourdieu, P., & Passeron, J.-C. (1971). *Die Illusion der Chancengleichheit: Untersuchungen zur Soziologie des Bildungswesens am Beispiel Frankreichs*. Klett.
- Bräu, K., & Schlickum, C. (Hg.). (2015). *Soziale Konstruktionen im Kontext von Schule und Unterricht. Zu den Kategorien Leistung, Migration, Geschlecht, Behinderung, Soziale Herkunft und deren Interdependenzen*. Barbara Budrich.
- Daston, L. (2022). *Rules – A Short History of What We Live By*. Princeton University Press.
- Derouet, J.-L. (1992). *Ecole et Justice: De l'égalité Des Chances Aux Compromis Locaux?* Editions Métailié.
- Desrosières, A. (2011a). Worlds and Numbers. For a Sociology of the Statistical Argument. In A. Rudinow Saetnan, H. Mork Lomell & S. Hammer (Hg.), *The Mutual Construction of Statistics and Society* (S. 41–63). Routledge.
- Desrosières, A. (2011b). The economics of convention and statistics: The paradox of origins. *Historical Social Research*, 36(4), Artikel 138, 64–81.
- Diaz-Bone, R. (2011). Einführung in die Soziologie der Konventionen. In R. Diaz-Bone (Hg.), *Soziologie der Konventionen: Grundlagen einer pragmatischen Anthropologie* (S. 9–42). Campus-Verlag.
- Diaz-Bone, R. (2018a). *Die »Economie des conventions«: Grundlagen und Entwicklungen der neuen französischen Wirtschaftssoziologie*. Springer-Verlag.

- Diaz-Bone, R. (2018b). Der methodologische Standpunkt der EC. In R. Diaz-Bone (Hg.), *Die »Economie des conventions« Grundlagen und Entwicklungen der neuen französischen Wirtschaftssoziologie* (S. 367–395). Springer-Verlag.
- Diehm, I., Kuhn, M., & Machold, C. (Hg.). (2017). *Differenz – Ungleichheit – Erziehungswissenschaft. Verhältnisbestimmungen im (Inter-)Disziplinären*. Springer VS.
- Dietz-Uhler, B., & Hurn, J. E. (2013). Using Learning Analytics to Predict (and Improve) Student Success: A Faculty Perspective. *Journal of Interactive Online Learning*, 12(1), 17–26.
- Dixon-Román, E., Philip Nichols, T., & Nyame-Mensah, A. (2020). The Racializing Forces of/in AI Educational Technologies. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 236–250.
- Dodier, N. (2011). Konventionen als Stützen der Handlung. Elemente der soziologischen Pragmatik. In R. Diaz-Bone (Hg.), *Soziologie der Konventionen. Grundlagen einer pragmatischen Anthropologie* (S. 69–98). Campus.
- Domina, T., Penner, A., & Penner, E. (2017). Categorical Inequality: Schools As Sorting Machines. *Annual Review of Sociology*, 43(1), 311–330.
- Dourish, P. (2016). Algorithms and Their Others: Algorithmic Culture in Context. *Big Data & Society*, 3(2), 1–11.
- Durkheim, E., & Mauss, M. (2009). *Primitive classification*. Routledge.
- Emmerich, M. (2019). Organisierte Bildung und kategoriale Ungleichheit. In R. J. Leemann, C. Imdorf, J. W. Powell & M. Sertl (Hg.). *Die Organisation von Bildung. Soziologische Analysen zu Schule, Berufsbildung, Hochschule und Weiterbildung* (S. 26–147). Beltz.
- Emmerich, M., & Hormel, U. (2013). *Heterogenität-Diversity-Intersektionalität: Zur Logik sozialer Unterscheidungen in pädagogischen Semantiken der Differenz*. Springer-Verlag.
- Facer, K., & Selwyn, N. (2021). *Digital technology and the futures of education—Towards »non-stupid« optimism*. UNESCO – Education Sector.
- Gomolla, M., & Radtke, F.-O. (2009). *Institutionelle Diskriminierung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gulson, K. N., Sellar, S. & Webb, P. T. (2022). *Algorithms of Education: How datafication and artificial intelligence shape policy*. University of Minnesota Press.
- Hasse, R. (2016). Organisationssoziologische Bildungsanalysen. Eine Situationseinschätzung. In R. J. Leemann, C. Imdorf, J. W. Powell & M. Sertl. (Hg.). *Die Organisation von Bildung. Soziologische Analysen zu Schule, Berufsbildung, Hochschule und Weiterbildung* (S. 47–68). Beltz.
- Hasse, R., & Schmidt, L. (2010). Unternehmertum, Arbeit, Sprache. Zur Mikrofundierung des Neo-Institutionalismus. *Sociologia Internationalis* 48(1), 1–28.
- Helsper, W. (1990). Schule in den Antinomien der Moderne. In H. Krüger (Hg.). *Abschied von der Aufklärung? Perspektiven der Erziehungswissenschaft* (S. 175–194). Springer Verlag.

- Horvath, K. (2019). Unterschiede, Ungleichheiten, Unterscheidungen. Pädagogisches Kategorisieren zwischen Engagement, Rechtfertigung und Kritik. In C. Imdorf, R. J. Leemann & P. Gonon (Hg.), *Bildung und Konventionen. Die »Economie des conventions« in der Bildungsforschung* (S. 121–144). Springer VS.
- Horvath, K. (2021). *Klassifikationen zwischen Politik und Ungleichheit. Pädagogisches Unterscheidungswissen in migrationsgesellschaftlichen Kontexten. Habilitationsschrift.* Universität Luzern. doi.org/10.31235/osf.io/pzjgw
- Horvath, K. (2022). In der »Anti-Brennpunktschule«? Neopragmatische Perspektiven auf pädagogisches Unterscheidungswissen, schulische Leistungsordnungen und kategoriale Ungleichheiten. In S. Oleschko, K. Grannemann & A. Szukala (Hg.), *Diversitätssensible Lehrer*innenbildung. Bildungssoziologische und überfachliche Zugänge*. Beltz.
- Horvath, K., Frei, A. I., & Steinberg, M. (2023). Hinter den Kulissen »Künstlicher Intelligenz«: ein soziologischer Blick auf Gefahren und Potenziale adaptiver Lernsoftware. *Education permanente*, 2.
- Horvath, K., & Leemann, R. J. (2021). The Politics of Inequalities in Education: Exploring Epistemic Orders and Educational Arrangements of Durable Disadvantaging. *Social Inclusion*, 9(3), 296–300.
- Horvath, K., Steinberg, M., & Frei, A. I. (2023). Bridging inquiry and critique: a neopragmatic perspective on the making of educational futures and the role of social research. *Learning, Media and Technology*. doi.org/10.1080/17439884.2023.2193412
- Høvsgaard Maguire, L. (2019). Adapting to the Test: Performing Algorithmic Adaptivity in Danish Schools. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 40(1), 78–92.
- Imdorf, C. (2011). Rechtfertigungsordnungen der schulischen Selektion: Wie Schulen die Negativselektion von Migrantenkindern am Übergang in die Sekundarstufe legitimieren. In K. Amos, W. Meseth & M. Proske (Hg.), *Öffentliche Erziehung revisited: Erziehung, Politik und Gesellschaft im Diskurs* (S. 225–245). Springer.
- Imdorf, C. (2014). Die Bedeutung von Schulqualifikationen, nationaler Herkunft und Geschlecht beim Übergang von der Schule in die betriebliche Berufsausbildung. In M. Neuenschwander (Hg.), *Selektion in Schule und Arbeitsmarkt*. Rüegger.
- Imdorf, C., Leemann, R. J., & Gonon, P. (Hg.). (2019). *Bildung und Konventionen—Die »Economie des conventions« in der Bildungsforschung*. Springer VS.
- Jarke, J., & Macgilchrist, F. (2021). Dashboard Stories: How Narratives Told by Predictive Analytics Reconfigure Roles, Risk and Sociality in Education. *Big Data & Society*, 8(1).
- Knobbout, J., & Van Der Stappen, E. (2020). Where Is the Learning in Learning Analytics? A Systematic Literature Review on the Operationalization of Learning-Related Constructs in the Evaluation of Learning Analytics Interventions. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(3), 631–645.

- Leemann, R. J. (2019). Zum gesellschaftlichen Wert, den Funktionen und der (ungleichen) Verteilung von Bildung. In R. J. Leemann, M. Rosenmund, R. Scherrer, U. Streckeisen & B. Zumsteg (Hg.), *Schule und Bildung aus soziologischer Perspektive*. Hep.
- Lowrie, I. (2017). Algorithmic Rationality: Epistemology and Efficiency in the Data Sciences. *Big Data & Society*, 4(1).
- Luhmann, N. (2004). Codierung und Programmierung. Bildung und Selektion im Erziehungssystem. In N. Luhmann (Hg.), *Schriften zur Pädagogik* (S. 23–47). Suhrkamp.
- McQuillan, D. (2022). *RESISTING AI. An Anti-Fascist Approach to Artificial Intelligence*. Bristol University Press.
- McStay, A. (2020). ›Emotional AI and EdTech: Serving the Public Good?‹ *Learning, Media and Technology* 45 (3), 270–283.
- Monash University (2023). *Design learning to facilitate analytics – Learning and Teaching: Teach HQ*. Abgerufen am 14. Februar 2023 von <https://www.monash.edu/learning-teaching/teachhq/Teaching-practices/learning-analytics/how-to/design-learning-to-facilitate-analytics>.
- Morozov, E. (2022). *Avoiding solutionism in the digital transformation of education*. UNESCO – Education Sector.
- Noble, S. U. (2018). *Algorithms of oppression: how search engines reinforce racism*. New York University Press.
- Perrotta, C., & Selwyn, N. (2020). Deep Learning Goes to School: Toward a Relational Understanding of AI in Education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 251–269.
- Powell, J. W. (2003). Constructing disability and social inequality early in the life course. *Disability Studies Quarterly*, 23(2), o.S.
- Prenzel, A. (2016). *Differenz und Ungleichheit in der Bildung. Eine historisch-systematische Annäherung*. Springer VS.
- Rafalow, M. H. (2021). *Digital Divisions: How Schools Create Inequality in the Tech Era*. University of Chicago Press.
- Rafalow, M. H., & Puckett, C. (2022). Sorting Machines: Digital Technology and Categorical Inequality in Education. *Educational Researcher*, 51(4), 274–278.
- Rahm, L. (2021). Educational imaginaries: Governance at the intersection of technology and education. *Journal of Education Policy*, 38(1), 46–68.
- Rahm, L. (2023). Education, automation and AI: A genealogy of alternative futures. *Learning, Media and Technology*, 48(1), 6–24.
- Schatzki, T. R (2016). Praxistheorie als flache Ontologie. In Schäfer, H. (Hg.), *Praxistheorie. Ein soziologisches Forschungsprogramm* (S. 29–44). transcript.
- Slater, N. (2017). *Learning Analytics Explained*. Routledge Taylor & Francis.
- Seaver, N. (2017). Algorithms as Culture: Some Tactics for the Ethnography of Algorithmic Systems. *Big Data & Society*, 4(2).

- Simbeck, K. (2022). Künstliche Intelligenz Und Fairness Im Bildungskontext. In D. Verständig, C. Kast, J. Stricker, & A. Nürnberger (Hg.). *Algorithmen und Autonomie. Interdisziplinäre Perspektiven auf das Verhältnis von Selbstbestimmung und Datenpraktiken* (S. 91–100). Barbara Budrich.
- Steinberg, M. (2021). Transformation durch Bildungsdigitalisierung? Zur Governance der digitalen Schulwelt. *Sozialwissenschaftliche Rundschau SWS*, 4, 431–451.
- Steinberg, M., & Schmid, Y. (2023). The (de)construction of the autonomous learner in a digitalized school world. In J. Hangartner, H. Durler, R. Fankhauser & C. Girinshuti (Hg.). *The fabrication of the autonomous learner. Ethnographies of Educational Practices in Switzerland, France and Germany*. Routhledge.
- Stoltenhoff, A.-K. (2022). Diversität und Differenz in Schulpädagogik und Medienpädagogik. Impuls zum Umgang mit Ungleichheit und Differenz. In C. Kuttner, & S. Münte-Goussar (Hg.), *Praxistheoretische Perspektiven auf Schule in der Kultur der Digitalität* (S. 541–550). Springer VS.
- Streckeisen, U., Hungerbühler, A., & Hänzi, D. (2007). *Fördern und Auslesen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Susnjak, T., Ramaswami, G. S., & Mathrani, A. (2022). Learning analytics dashboard: a tool for providing actionable insights to learners. *Int J Educ Technol High Educ*, 19(12).
- Verbert, K., Ochoa, X. De Croon, R., Dourado, R. A., & De Laet, T. (2020). ›Learning Analytics Dashboards: The Past, the Present and the Future‹. In *Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, 35–40. LAK '20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. doi.org/10.1145/3375462.3375504.
- Weick, K. (2021). *Der Prozess des Organisierens*. Suhrkamp.
- Wesselmann, C. (2022). Konstruktionen von (Nicht-)Behinderung. In B. Konz, A. Schröter (Hg.), *DisAbility in der Migrationsgesellschaft. Betrachtungen an der Intersektion von Behinderung, Kultur und Religion in Bildungskontexten* (S. 66–79). Julius Klinkhardt.
- Whitman, M. (2020). We called that a behavior«: The making of institutional data. *Big Data & Society*, 7(1).
- Zweig, K. (2019). *Ein Algorithmus hat kein Taktgefühl. Wo Künstliche Intelligenz sich irrt, warum uns das betrifft und was wir dagegen tun können*. Wilhelm Heyne.