

Plattformisierung und die Modellierung von Bildungsprozessen

Christoph Richter und Heidrun Allert

Abstract: Der Beitrag thematisiert die ›Gemachtheit‹ digitaler Plattformen, die sich als zentrales Organisationsmodell des Internets etabliert haben und in vielfältiger Weise Lern- und Bildungsprozesse vermitteln. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie sich das ›Gemacht-Sein‹ dieser Plattformen verstehen lässt. Trotz der Einsicht, dass digitale Plattformen auch im Bildungskontext mehr sind als bloße Werkzeuge, besteht wenig Einigkeit darüber, wie sich die Verwobenheit technischer Möglichkeiten und sozialer Praktiken analytisch fassen lässt. Vor diesem Hintergrund skizziert der Beitrag einen analytischen Zugang, der die Entwicklung digitaler Plattformen als einen Prozess begreift, in dem technische Konstruktionsprozesse mit der Imagination und Reorganisation sozialer Praktiken verschränkt sind. Dazu wird das Konzept der informatischen Modellbildung aufgegriffen. Aus diesem werden im Anschluss Ansätze zur Analyse der Plattformisierung von Bildungsprozessen abgeleitet und an Beispielen aus aktuellen Entwicklungsvorhaben illustriert. Der Beitrag schließt mit dem Plädoyer, Prozesse der Plattformisierung immer auch als gesellschaftspolitische und kulturelle Auseinandersetzungen um zukünftige Formen des Lernens und der Bildung zu verstehen.

Schlagwörter: Plattformisierung; Bildungsprozesse; Modellierung; technische Welterzeugung; Digitale Vernetzungsinfrastruktur Bildung

1. Die Frage nach der ›Gemachtheit‹ digitaler Plattformen

»Als SchülerIn möchte ich ... während des gesamten Lernprozesses fachliche, sprachliche und methodische Unterstützung durch das AIS bekommen, indem es meine Eingaben gezielt analysiert und mir Vorschläge für Verbesserungen mit Erklärungen liefert, so dass ich mich an die Hand genommen fühle und meine Fehlvorstellungen revidieren kann.« (FWU – Das Landesinstitut der Medien, 2024b, User Story S5)

»Das eigentliche Lernen findet weiter in bestehenden Anwendungen und Portalen statt, und nicht in der NBP selbst. Die NBP stellt lediglich die Basisinfrastruktur, um bestehende und neue digital gestützte Bildungsangebote und -plattformen von

Akteuren aller Bildungsbereiche zu vernetzen.« (BMBF Technischer Rahmen, 2022, S. 3)

Die beiden diesem Beitrag vorangestellten Zitate stammen aus zwei aktuellen Projekten, die sich mit der Entwicklung digitaler Plattformen zur Unterstützung von Lern- und Bildungsprozessen befassen. Das erste Zitat ist Teil der Ausschreibungsunterlagen für das von der Kultusministerkonferenz beauftragte »Adaptive Intelligente System« (AIS). Bei diesem Vorhaben handelt es sich um ein länderübergreifendes Projekt zur Entwicklung eines KI-basierten Intelligenzen Tutoriellen Systems für den Einsatz in Schulen (FWU – Das Landesinstitut der Medien, 2024a). Das zweite Zitat findet sich in einem Dokument zu den Rahmenbedingungen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung initiierten Projekts zu Entwicklung einer »Nationalen Bildungsplattform« (NBP; mittlerweile umbenannt in Digitale Vernetzungsinfrastruktur Bildung, DVIB, sowie Mein Bildungsraum). Das Ziel dieses Vorhabens ist es, eine bundesweite Infrastruktur zu entwickeln, die den Austausch von Daten zwischen Lernenden, Lehrenden und Bildungsanbietern vereinfacht und so »eine nahtlose digitale Lernreise von der Grundschule bis ins hohe Alter ermöglicht« (VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, 2024, S. 1).

Was uns an diesen beiden Aussagen in diesem Beitrag interessiert, ist zunächst weniger ihr Inhalt, als vielmehr ihre Form und Funktion im Rahmen digitaler technologischer Entwicklungsvorhaben. Auch wenn es sich bei beiden Sätzen der Form nach um deskriptive Aussagen handelt, bilden sie nicht einfach eine bestehende »Realität« ab, sondern verweisen auf eine (noch) nicht existierende Zukunft. Sie schlagen eine Brücke zwischen dem, was (vermeintlich) ist, und dem, was sein könnte bzw. sein sollte. Die beiden Sätze haben einen formativen Charakter, indem sie sowohl einen bestimmten Aspekt der zu entwickelnden digitalen Plattform als auch des Kontexts, in dem sie eingesetzt werden soll, vorwegnehmen. So umreißt die User Story in den Ausschreibungsunterlagen zur AIS nicht nur die Art der Unterstützung, die von der Plattform angeboten werden soll, sondern auch die Motive und Einstellungen der Schüler*innen. In ähnlicher Weise grenzt die zweite Aussage die Funktionen der Plattform von »bestehenden Anwendungen und Portalen ab« und markiert diese zugleich als Orte, an denen »das eigentliche Lernen« stattfindet und die durch die zu entwickelnde Plattform vernetzt werden sollen. Beide Aussagen sind, so die Argumentation, die wir in diesem Beitrag entwickeln möchten, integrale Bestandteile informatischer Modellbildung und damit verbunden der Entwicklung digitaler Plattformen.

Digitale Plattformen haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten nicht nur zu einem zentralen Organisationsmodell des Internets entwickelt, sondern vermitteln in immer umfassenderer Weise sowohl formale als auch informelle Lern- und Bildungsprozesse. In Form von Lernmanagementsystemen, adaptiven tutoriellen Systemen, kollaborativen Lern- und Arbeitsumgebungen, Repositorien zur Kuratierung und Verbreitung von Lehr- und Lernmaterialien, Systemen zur Verwaltung von Bildungsangeboten vermitteln digitale Plattformen im Bildungskontext Prozesse der Kommunikation, der Erstellung und des Austauschs von (Lern-)Materialien, stellen Bildungsräume zur Verfügung, ermöglichen die (automatisierte) Dokumentation, Analyse und Steuerung von

Lehr- und Lernprozessen oder fungieren als institutionelles Gedächtnis (z. B. Decuyper et al., 2021; Amiel, 2024).

Als »digitale datenbasierte und algorithmisch strukturierende soziotechnische Systeme« (Dolata, 2018, S. 6), als Infrastrukturen, die vorstrukturieren, wer mit wem wie interagiert (Seemann, 2021), sind digitale Plattformen von Menschen gemachte Gebilde. Auch wenn unstrittig ist, dass digitale Plattformen von Menschen erdacht und realisiert werden, stellt sich dennoch die Frage, wie dieses »Gemacht-Sein« zu verstehen ist und was hier eigentlich »gemacht« wird. Während ingenieurwissenschaftliche Perspektiven digitale Plattformen als technische Artefakte rahmen, die bestimmte Anforderungen erfüllen und Funktionen bereitstellen, betrachten sozial- und kulturwissenschaftliche Ansätze Prozesse der Plattformisierung vor allem im Kontext sich transformierender Praktiken. Digitale Plattformen sind hier keine (bloßen) Werkzeuge oder Infrastrukturen, derer sich die Anwender*innen in zweckdienlicher Weise bedienen, sondern sie reorganisieren die auf sie bezogenen Praktiken und Imaginationen (Poell et al., 2019). Für den Bildungskontext folgt daraus, dass mit der Entwicklung entsprechender Plattformen immer auch bestimmte Formen von Bildung sichtbar, erkennbar, denkbar und letztlich auch umsetzbar gemacht werden (Decuyper et al., 2021). Trotz eines breiten Konsenses darüber, dass sich digitale Plattformen nicht auf ein mehr oder weniger komplexes Arrangement technischer Komponenten reduzieren lassen, sondern immer auch an soziale Formen »gekoppelt« sind (Dolata, 2018; Ametowobla, 2020; Kirchner, 2021), bleibt jedoch bislang weitgehend offen, wie diese Kopplung analytisch gefasst werden kann und welche Implikationen dies für die Entwicklung entsprechender sozio-technischer Systeme hat (Poell et al., 2019). Hiermit verbunden ist die erziehungswissenschaftliche Frage nach dem theoretischen Verständnis wie auch den konkreten Möglichkeiten einer Veränderung der jeweiligen »(digitalen) Technologieverhältnisse« (Zorn, 2014; Richter & Allert, 2024).

Vor diesem Hintergrund möchten wir in diesem Beitrag einen Zugang skizzieren, der die kulturelle und historische Situiertheit von Prozessen der Technikgenese hervorhebt und damit eine analytische Brücke zwischen der Konstruktion technischer Artefakte und ihrer Nutzung im Rahmen praktischer Tätigkeitszusammenhänge schlägt. Der Beitrag greift hierfür auf das Konzept der informatischen Modellbildung als Grundprinzip und Verfahren der angewandten Informatik (Floyd, 1997; Floyd & Klischewski, 1998; Simon et al., 2008) zurück und entwickelt dieses mit Blick auf neuere modellierungs- wie auch praxistheoretische Überlegungen weiter. Der Kerngedanke ist, die informatische Modellbildung als einen in institutionellen, politischen, ökonomischen, technischen, sozialen und kulturellen Kontexten situierten Vorgang zu verstehen, in dem Prozesse der De- und Re-Kontextualisierung (Simon et al., 2008) aufeinander bezogen und miteinander verschränkt sind. Der Beitrag knüpft damit an erziehungswissenschaftliche wie auch informatische Positionen an, die die Genese digitaler Technologien und die mit ihnen verbundenen Prozesse der Modellbildung als kulturtechnische Phänomene begreifen (z. B. Sesink, 2004; Coy, 2008). Hiermit verbunden ist der Vorschlag, Prozesse der informatischen Modellbildung als Bezugspunkte für eine interdisziplinäre Auseinandersetzung mit Fragen der Digitalisierung und Plattformisierung von Lern- und Bildungsprozessen zu nutzen.

Bevor wir näher auf die Vorstellung der Plattformisierung als einem Prozess der informatischen Modellbildung eingehen, diskutieren wir im Folgenden zunächst das Konzept informatischer Modelle als technische Objekte, in denen sich technische, formale und soziale Möglichkeitsräume verschränken. Darauf aufbauend umreißen wir ein analytisches Modell zur Beschreibung entsprechender Modellbildungsprozesse und leiten hieraus in einem weiteren Schritt empirische Zugänge und Leitfragen für die Analyse digitaler Plattformen im Bildungsbereich ab. Der Beitrag schließt mit dem Plädoyer, Prozesse der Plattformisierung immer auch als gesellschaftspolitische und kulturelle Auseinandersetzungen darüber zu begreifen, in welchen Formen sich Lernen und Bildung zukünftig manifestieren können. Zur Veranschaulichung unserer Überlegungen, greifen wir immer wieder auf die eingangs zitierten Aussagen zurück.

2. Digitale Plattformen als informatische Modelle

Digitale Plattformen sind in den letzten Jahren in den Fokus sehr unterschiedlicher Disziplinen gerückt. Entsprechend heterogen sind die analytischen Perspektiven, aus denen heraus digitale Plattformen untersucht werden. So wurden digitale Plattformen als technische Infrastrukturen, als ökonomische Marktplätze, als Governancestrukturen sowie als Orte analysiert, an denen sich soziokulturelle Praktiken entwickeln und transformieren (Poell et al., 2019). Trotz des Bemühens, die verschiedenen Perspektiven nicht gegeneinander auszuspielen, sondern sie miteinander in Beziehung zu setzen, erweist sich insbesondere die Frage nach dem Verhältnis zwischen digitalen Plattformen und den mit ihnen verflochtenen soziokulturellen Praktiken als analytischer Knackpunkt (Poell et al., 2019). Dies gilt auch für die Analyse digitaler Plattformen im Bildungsbereich. Auch hier werden zwar entsprechende Verflechtungen betont (z. B. Decuyper et al., 2021; Weich et al., 2021), ohne dass jedoch deutlich wird, wie sich diese analytisch fassen lassen.

Die Konzeption digitaler Plattformen als informatische Modelle bietet einen sehr geeigneten Zugang zur Analyse genau dieser Zusammenhänge. Auf der Suche nach einem Spezifikum der Entwicklung digitaler Technologien ist im innerdisziplinären Dialog der Informatik immer wieder auf die Modellierung als einem Grundprinzip und zentralen Verfahren informatischer Tätigkeit verwiesen worden (u. a. Floyd, 1997; Thomas, 2002; Rolf, 2003; Mahr, 2009; Modrow & Strecker, 2016). Auch wenn die Vorstellung weit verbreitet ist, dass informatische Tätigkeit ihrem Wesen nach darauf ausgerichtet ist, »ein maschinell ausführbares Modell [zu erstellen], das durch einen Algorithmus bzw. ein Programm beschrieben wird« (Schubert & Schwill, 2011, S. 135), greift die vermeintliche Gleichsetzung von informatischen Modellen mit Algorithmen oder Programmen jedoch deutlich zu kurz.

Die informatische Modellbildung erweist sich bei näherer Betrachtung vielmehr als ein Prozess, in dem die beteiligten Akteur*innen, wie Christiane Floyd und Ralf Klischewski (1998, S. 24) argumentiert haben, »einen Design-Raum [entfalten], in dem die Anwendungswelt, die formale Methodenwelt und technische Realisierungswelt verknüpft werden und technischer Entwurf sowie soziale Gestaltung aufgehoben sind«. Das, was wir im Rahmen dieses Beitrags unter einem »informatischen Modell« verstehen, umfasst dementsprechend drei aufeinander bezogene (Teil-)Modelle: (1) ein

Anwendungsmodell, das die für die jeweilige technische Lösung relevanten Aspekte, Objekte und Prozesse im praktischen Anwendungsfeld identifiziert, (2) ein formales Modell, das die auf dem Anwendungsmodell auszuführenden Operationen, in eindeutiger Weise spezifiziert, und (3) ein Berechnungsmodell, das als ausführbares Programm in der Lage ist, die in der Spezifikation definierten Operationen technisch zu realisieren (Floyd & Klischewski, 1998).

Das informatische Modell, in dem Anwendungsmodell, formales Modell und Berechnungsmodell aufeinander bezogen sind, ist dabei kein rein epistemisches oder symbolisches Artefakt, sondern vielmehr ein technisches Objekt, das über das Anwendungsmodell auf einen praktischen Tätigkeitszusammenhang verweist und zugleich als Berechnungsmodell in diesem auch zum Einsatz kommt. Informatische Modelle, die sich in Form digitaler Technologien realisieren, sind dementsprechend als technische Objekte darauf ausgelegt, »in Handlungszusammenhänge als Mittler eingebaut zu werden, um Tätigkeiten in ihrer Wirksamkeit zu steigern, um Wahrnehmungen in ihrem Spektrum zu erweitern und um Abläufe in ihrer Verlässlichkeit zu sichern« (Rammert, 2010, S. 2697b).

Als technische Objekte sind informatische Modelle zweckgebunden, sie sind darauf ausgelegt, »erwünschte Weisen des Vollzugs charakterisieren, lehren und durchsetzen zu können« (Floyd, 1997, S. 242). Ihre Entwicklung setzt dementsprechend immer auch eine Perspektive voraus, die es erlaubt, die jeweils als relevant erachteten Tätigkeitszusammenhänge zu benennen, zu differenzieren und in ihrem operativen Zusammenspiel zu charakterisieren (Lehman, 1980; Floyd, 1997). Dabei bilden informatische Modelle die entsprechenden Tätigkeitszusammenhänge jedoch nicht einfach ab, sondern antizipieren einen Zustand, in dem das als digitale Technologie realisierte Modell in diese Tätigkeitszusammenhänge integriert ist (Krippendorff, 1989). Als technische Objekte sind informatische Modelle insofern darauf ausgelegt, eine Realität darzustellen, die erst in ihrer Anwendung entsteht (Mahr, 2009). Wie alle Modelle haben informatische Modelle hierbei immer auch eine materielle Form, die es ermöglicht, mit ihnen in je spezifischer Weise zu interagieren und sie mit anderen Objekten in Beziehung zu setzen (unter anderem Knuuttila, 2005; Mahr, 2009). Als materielle Artefakte erweisen sich informatische Modelle damit sowohl in ihrer Entstehung als auch in ihrer Nutzung als eigen- wie auch widerständige Entitäten. Die Materialität informatischer Modelle lässt sich hierbei jedoch nicht auf eine physikalische Substanz reduzieren, sondern bezieht sich, wie Paul Dourish (2017) argumentiert hat, auf die in den jeweiligen Modellbildungsprozessen verwendeten repräsentationalen Formate. Ein repräsentationales Format bezeichnet dabei eine vordefinierte Art und Weise, in der Daten organisiert werden müssen, damit sie in eindeutiger Weise verarbeitet werden können.

Überträgt man diese Überlegungen auf digitale Plattformen, so zeigt sich, dass es auch hier einer vielschichtigen Verknüpfung von Anwendungsmodellen, formalen Spezifikationen und softwaretechnischen Umsetzungen bedarf, um ein praktisch nutzbares Produkt zu erstellen. Die Entwicklung der verschiedenen Modelle ist dabei kein abstrakter Prozess, sondern in sehr hohem Maße mit bereits existierenden Modellen verwoben. Diese reichen von bestehenden Konzeptionen des Gegenstandsbereichs, etwa Modellen des Lernens, der Bildung und entsprechender Institutionen, über bereits etablierte Spezifikationen, Protokolle und Standards, etwa zur Dokumentation von Lernprozes-

sen oder zur Beschreibung von Lernmaterialien, bis hin zu Datenformaten, Softwarearchitekturen und Programmiersprachen. Die Entwicklung digitaler Plattformen kommt daher nicht umhin, implizit oder explizit eine Perspektive auf den Gegenstandsbereich zu entwickeln, in der sich artikuliert, wer mit wem und wie auf der Plattform zukünftig interagieren soll. Entgegen der Reduktion eines informatischen Modells auf einen Algorithmus, eine Datenstruktur oder ein Programm, verweist die hier skizzierte Konzeption damit insbesondere auf den Umstand, dass bereits die Formulierung von Anforderungen an eine digitale Plattform einen »Handgriff zur Wirklichkeit« (Floyd & Klischewski, 1998) darstellt, der in entscheidender Weise zur informatischen Modellbildung beiträgt (Mahr, 2009).

Aus dieser Perspektive sind die beiden diesem Beitrag vorangestellten Zitate, die darlegen, dass Schüler*innen durch die Analyse ihrer Eingaben und gezielte Vorschläge unterstützen werden wollen, und dass die geplante Infrastruktur Angebote miteinander vernetzen soll, in denen »das eigentliche Lernen« stattfindet, bereits ein integraler Bestandteil der zu entwickelnden Plattformen. Als Anforderungen und Zielsetzungen kommen in ihnen jeweils grundlegende Aspekte des Anwendungsmodells zum Ausdruck. Gleichzeitig eröffnen die zitierten Aussagen damit aber auch einen möglichen Ansatzpunkt für die Analyse und kritische Reflexion der jeweiligen Entwicklungsvorhaben.

3. Informatische Modellbildung als Prozess der technischen Welterzeugung

Mit dem zuvor skizzierten Verständnis von digitalen Plattformen als informatischen Modellen ergibt sich auch ein veränderter Blick auf die »Gemachtheit« von Plattformen. Eine entsprechende Perspektive, die die Entwicklung digitaler Plattformen als einen Prozess der informatischen Modellbildung begreift, trennt sich von der Vorstellung der digitalen Technologieentwicklung als einem ingenieurwissenschaftlichen Konstruktionsprozess, der darauf ausgelegt ist, ein technisches System zu entwickeln, das ein durch die gegebenen Anforderungen spezifiziertes »Problem« löst (Löwgren, 1995; Mahr, 2009). Der hier vorgeschlagene Ansatz fasst den Prozess der informatischen Modellbildung deutlich weiter und versteht ihn als eine Form der »technischen Welterzeugung« (Floyd, 1997, S. 237), in der menschliche Praxis und digitale Technologien in komplexer Weise aufeinander bezogen und miteinander verwoben sind (z.B. Floyd, 1997; Rolf, 2003; Mahr, 2009).

Für das Verständnis der informatischen Modellbildung ist entscheidend, dass die Modellierung sozialer Praxis keinen Prozess darstellt, der der Entwicklung digitaler Technologien vorbehalten ist. Vielmehr sind Prozesse der Explikation, Abstraktion und Formalisierung praktischer Tätigkeitszusammenhänge selbst ein wesentliches Merkmal organisierter sozialer Praxis (Floyd, 1997, 2002; Simon et al., 2008). Wie Christiane Floyd herausgearbeitet hat, bilden Formen der zweckgerichteten Beschreibung und damit einhergehend der Modellierung praktisch relevanter Zusammenhänge eine historische Konstante in der Organisation menschlichen Tuns. Im Einklang mit praxistheoretischen Überlegungen (Schatzki et al., 2001; Reckwitz, 2002; Hörning, 2001; Shove et al., 2012) sind Praktiken hierbei nicht nur durch implizites und inkorporiertes Wissen und Können der Praktiker*innen bestimmt, sondern in mehr oder weniger starkem Maße auch

durch Verfahrensbeschreibungen und kodifizierte Regeln. Besonders augenfällig wird dieser Zusammenhang in Tätigkeitsfeldern wie der Justiz, der öffentlichen Verwaltung oder auch dem Gesundheitssystem, in denen zentrale Abläufe so stark formalisiert sind, dass der individuelle Handlungs- und Entscheidungsspielraum der Akteur*innen auf ein Minimum reduziert ist (Geuter, 2015). Kodifizierte Regeln und Verfahrensbeschreibungen fungieren hierbei als Ab- wie auch als Vorbilder einer an ihnen orientierten Praxis und konkretisieren sich sowohl in symbolischen als auch in technischen Artefakten wie Formularen oder spezifischen Geräten. Insofern die Entwicklung digitaler Technologien darauf abzielt, in praktischen Tätigkeitszusammenhänge eingesetzt zu werden, ist die informatische Modellbildung notwendigerweise immer schon in umfassendere soziale und kulturelle Prozesse der Modellbildung eingebettet. Der Unterschied zwischen den allgemeinen Prozessen der ›operationalen Formbildung‹ (Floyd, 1997) und einer informatischen Modellbildung, besteht vor allem darin, dass letztere die entsprechenden Modelle soweit formalisieren muss, dass die entsprechenden Operationen von einem Computer ausgeführt werden können.

Die mit dem Konzept der operationalen Formbildung einhergehende kategoriale Unterscheidung zwischen situierten Tätigkeitszusammenhängen und ihrer modellhaften Beschreibung impliziert jedoch, dass die in der Modellbildung angelegten Abstraktionen und Projektionen (im Sinne der antizipativen Vorwegnahme einer noch nicht existierenden Realität), im praktischen Anwendungskontext einer ›Konkretion‹ (Sesink, 2004) bzw. ›Re-Kontextualisierung‹ (Simon et al., 2008) bedürfen. Aus praktischer Sicht müssen sowohl auf individueller als auch auf kollektiver Ebene Wege gefunden werden, mit den in den Modellen angelegten Vereinfachungen, Verallgemeinerungen und Setzungen sinnstiftend umzugehen. Statt einer direkten Nutzung technisch realisierter Operationszusammenhänge bedingt die Anwendung informatischer Modelle vielmehr einen Prozess der praktischen Reorganisation bestehender Tätigkeitszusammenhänge. Dabei stehen die Anwender*innen nicht zuletzt vor der Herausforderung, die zwischen sozialer Praxis und informatischem Modell bestehenden ›Formalisierungslücken‹ (Simon et al., 2008) zu schließen und auf diese Weise den technischen Kern der digitalen Technologie gegen jene Ereignisse ›abzuschirmen‹, die im Zuge des Modellbildungsprozesses als irrelevant erachtet und ausgeklammert wurden (Schulz-Schaeffer, 2004). Unter der Prämisse, dass soziale Praxis ein zukunftsöffener Prozess ist, der sich einer vollständigen Formalisierung entzieht (Schatzki, 2012), sind entsprechende Prozesse der Konkretion und Abschirmung integrale Momente der informatischen Modellbildung.

Fasst man diese hier sehr kursorisch dargestellten Überlegungen zusammen, so tritt an die Stelle der informatischen Modellbildung als einem technischen Problemlösungsprozess ein Modell, in dem die Prozesse der Dekontextualisierung, Formalisierung und technischen Verfügbarmachung ausgewählter Tätigkeitszusammenhänge in soziokulturelle Prozesse operationaler Formbildung eingebettet und mit diesen in reflexiver Weise verschränkt sind (Floyd, 1997; Sesink, 2004; Simon et al., 2008). Vor diesem Hintergrund beginnt die Genese informatischer Modelle weder mit der Initiierung eines digitaltechnologischen Entwicklungsvorhabens noch endet sie mit der Inbetriebnahme entsprechender Produkte. Abbildung 1 stellt die zentralen Teilprozesse der informatischen Modellbildung in Anlehnung an den Entwicklungszyklus eingebetteter Programme von Meir M. Lehman (1980) dar.

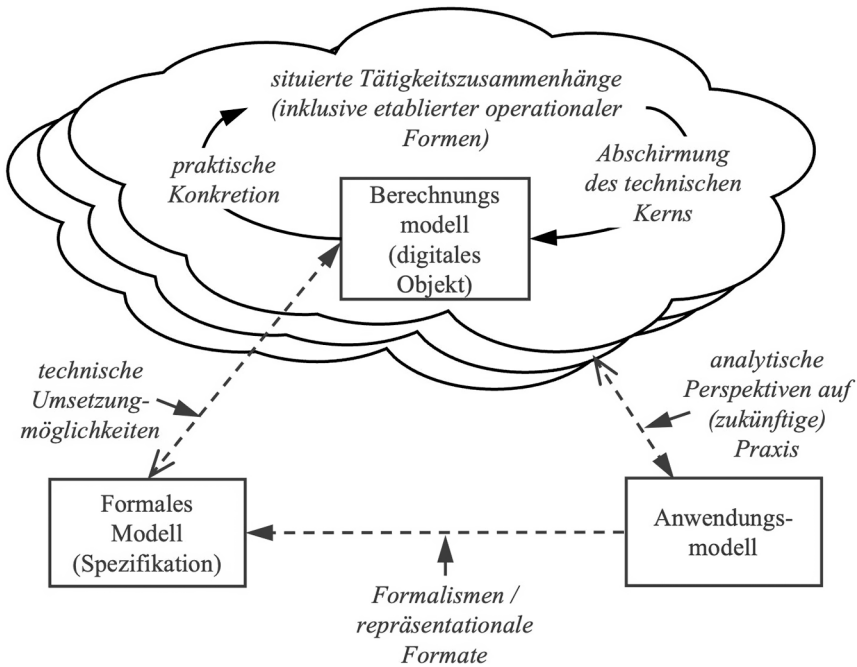


Abbildung 1: Analytisches Rahmenmodell informatischer Modellbildung
(in Anlehnung an Lehman, 1980)

Der Prozess der informatischen Modellbildung umfasst aus der hier eingenommenen Perspektive sowohl die Entwicklung eines Anwendungsmodells, eines formalen Modells und eines Berechnungsmodells, als auch die praktische Einbindung in die jeweiligen Tätigkeitszusammenhänge sowie die dort etablierten operationalen Formen.

Die Beziehungen zwischen den informatischen Teilmodellen wie auch zu den Tätigkeitszusammenhängen sind dabei nicht als Abbildungen zu verstehen, sondern als Übersetzungsprozesse, in denen die zur Disposition stehenden Sachverhalte und Zusammenhänge in einer dem jeweiligen Medium entsprechenden Form zur Darstellung gebracht werden (Vinck & Jeantet, 1995; Häußling, 2016). Diese Übersetzungsprozesse sowie das hieraus resultierende digitale Objekt sind nicht nur abhängig von der eingenommenen analytischen Perspektive, sondern auch von den verfügbaren repräsentationalen Formen und technischen Realisierungsmöglichkeiten, die als formgebende Faktoren immer auch auf das Anwendungsmodell zurückwirken.

Gleichzeitig bilden die situiereten Tätigkeitszusammenhänge sowohl den analytischen Bezugspunkt der informatischen Modellbildung als auch den Ort, an dem die praktische Re-Kontextualisierung der in den digitalen Objekten realisierten Modelle stattfindet, wenn diese in die praktischen Tätigkeiten integriert werden. Als Bezugspunkt der informatischen Modellbildung sind die situiereten Tätigkeitszusammenhänge bereits Gegenstand vielfältiger, oft auch konfligierender praktischer Modellbildungsprozesse, mit deren Hilfe sich die Praktiker*innen über ihr gemein-

sames Tun verständigen und dieses koordinieren. Die Prozesse der informatischen Modellbildung beinhalten insofern immer auch eine Bezugnahme, Reinterpretation oder auch Abgrenzung zu diesen Modellen. Die praktische Re-Kontextualisierung der informatischen Modelle erschöpft sich nicht im mehr oder weniger gekonnten Umgang mit dem digitalen Objekt, sondern erfordert eine komplexe Integrationsleistung. Sie umfasst zum einen eine praktische Konkretion des informatischen Modells, die es den Anwender*innen ermöglicht, das informatische Modell in praktisch anschlussfähiger Weise zu interpretieren und die praktischen Tätigkeitszusammenhänge entsprechend zu reorganisieren (Sesink, 2004). Und zum anderen müssen sie mit ihrem praktischen Tun dafür sorgen, den technischen Kern des digitalen Objekts gegen mögliche Störungen abzuschirmen, um dessen Funktionsfähigkeit zu gewährleisten (Schulz-Schaeffer, 2004).

Mit Blick auf digitale Plattformen macht das hier vorgestellte Modell der informatischen Modellbildung deutlich, dass technische Entwicklungsvorhaben nicht losgelöst von den jeweiligen kulturell und historisch gewachsenen Tätigkeitszusammenhängen verstanden werden können, auf die sie sich beziehen. Entsprechend lässt sich die ›Gemachtheit‹ der Plattformen nicht auf einen isolierten Konstruktionsprozess reduzieren, sondern ist zutiefst mit umfassenderen Transformationsprozessen verwoben, vor deren Hintergrund bestimmte Anforderungen und Lösungen erst als sinnvoll erscheinen. Da digitale Plattformen darauf ausgelegt sind, Interaktionen zwischen verschiedenen Akteursgruppen zu vermitteln, die in unterschiedlichen Tätigkeitszusammenhängen agieren, beinhaltet die Entwicklung informatischer Modelle immer auch ein Moment der Standardisierung und Normierung. Die Entwickler*innen digitaler Plattformen stehen damit notwendigerweise vor der Herausforderung, ein Modell zu finden, das in unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern, wie etwa in formalen und informellen Bildungskontexten, für unterschiedliche Fachkulturen und -didaktiken, für verschiedene Gruppen von Lernenden sowie für privatwirtschaftliche Unternehmen und staatliche Institutionen, anschlussfähig ist. Die hierzu notwendige Abstraktionsleistung führt im Gegenzug jedoch dazu, dass die verschiedenen Akteursgruppen ein unterschiedlich hohes Maß an praktischen Anpassungsleistungen erbringen müssen, um mit oder auf der Plattform agieren zu können. So stellt sich etwa in Bezug auf die eingangs zitierte Anforderung an das von der KMK beauftragte Adaptive Intelligente System die Frage, was mit jenen Schüler*innen geschieht, die vom AIS nicht an die Hand genommen und in ihren Fehlvorstellungen nicht revidiert werden möchten.

4. Zugänge zur Analyse der Plattformisierung von Bildungsprozessen

Die zunächst noch sehr allgemein gehaltenen Überlegungen zur Entwicklung digitaler Technologien als einem Prozess der informatischen Modellbildung möchten wir im Folgenden weiter konkretisieren. Hierzu werden wir auf mögliche Zugänge zur Analyse und kritischen Reflexion entsprechender Entwicklungsvorhaben eingehen und diese auf eine Reihe von Leitfragen im Sinne eines heuristischen Rasters zuspitzen. Wir konzentrieren uns hierbei auf (a) die Anwendungsmodelle, (b) die bereits verfügbaren technischen Elemente, insbesondere in Form von Standards und Protokollen, sowie (c) die in den

jeweiligen Anwendungskontexten etablierten operationalen Formen. Diese drei Zugänge sind für eine kritische Begleitung einschlägiger Entwicklungsvorhaben nicht zuletzt deshalb von Interesse, weil die entsprechenden Analysen unabhängig von der Erstellung des funktionsfähigen digitalen Objekts sind und daher bereits entwicklungsbegleitend durchgeführt werden können. Zur Veranschaulichung greifen wir erneut auf die dem Beitrag vorangestellten Zitate zurück.

Wie wir dargelegt haben, implizieren Prozesse der informatischen Modellbildung und damit der Plattformisierung immer auch eine Modellierung des Anwendungskontexts, der situierten Tätigkeitszusammenhänge, in denen die digitale Technologie zum Einsatz kommen soll. Da in ihnen festgelegt wird, welche Aspekte, Objekte und Prozesse als relevant erscheinen und durch das zu entwickelnde Produkt dargestellt und unterstützt werden sollen, kommt ihnen eine Schlüsselfunktion sowohl für den technischen Entwicklungsprozess als auch für die praktische Einbettung der digitalen Objekte zu (Floyd & Klischewski, 1998). Ihren deutlichsten, wenn auch oft fragmentarischen Ausdruck finden Anwendungsmodelle in entwicklungsbegleitenden Dokumenten, etwa in Projektpräsentationen, Leistungsbeschreibungen und Anforderungskatalogen. In ihrer Gesamtheit geben diese Dokumente einen wesentlichen Einblick in die Annahmen, die dem jeweiligen Entwicklungsvorhaben zugrunde liegen. Im Sinne einer Negativfolie verweisen die Anwendungsmodelle damit zugleich immer auch auf jene Aspekte und Sichtweisen, die im Zuge der Modellbildung als irrelevant ausgeklammert wurden. Für die Analyse entsprechender Dokumente ergeben sich folgende Leitfragen: *Wie werden die praktischen Tätigkeitszusammenhänge modelliert? Welche Aspekte, Objekte und Prozesse werden benannt, differenziert und spezifiziert? Wie wird der intendierte Anwendungskontext von anderen Tätigkeitszusammenhängen abgegrenzt? Welche Aspekte werden ausgeklammert? Welche analytische Perspektive liegt dem Anwendungsmodell zugrunde?*

Insofern technische Objekte nicht aus sich selbst heraus entstehen, sondern immer auch auf bereits bestehenden technischen Lösungen aufbauen (Rieder, 2020; Richter & Allert, 2024), enthalten informatische Modelle immer auch Verweise auf jene technischen Elemente, an die das zu entwickelnde Produkt anknüpft. Im Kontext digitaler Plattformen, die nicht nur zwischen menschlichen Akteur*innen, sondern immer auch zwischen technischen Systemen vermitteln, kommt der Verwendung technischer Standards und Protokolle eine zentrale Rolle zu (Mongili & Pellegrino, 2014; Rörtgen et al., 2023). Als kollektive Vereinbarungen darüber, wie und in welcher Form Daten zwischen den beteiligten Systemen ausgetauscht und interpretiert werden sollen, sind entsprechende Standards und Protokolle nicht nur Voraussetzung für die Interoperabilität und Skalierbarkeit einer Plattform, sondern auch ein wesentlicher Bezugspunkt für die Formalisierung der jeweiligen informatischen Modelle. Als Gegenstand kollektiver Aushandlungsprozesse eröffnen technische Standards und Protokolle damit einen weiteren wesentlichen Zugang zu den Prozessen der Plattformisierung. Für eine entsprechende Analyse sind hierbei die folgenden Fragen leitend: *Welche technischen Standards und Protokolle sind verfügbar und welche sollen verwendet werden? In welchem Kontext wurden die Standards und Protokolle entwickelt und wo werden sie bereits eingesetzt? Welche konzeptionellen Annahmen liegen den Standards und Protokollen zugrunde? In welchen Zusammenhängen hat sich der Einsatz von Standards und Protokollen bewährt oder als problematisch erwiesen?*

Jenseits ihrer technischen Anschlussfähigkeit existieren informatische Modelle aber auch nicht unabhängig von den in den jeweiligen Anwendungskontexten bereits etablierten operationalen Formen. Damit eine digitale Plattform von ihren Anwender*innen in die jeweiligen praktischen Tätigkeitszusammenhänge integriert werden kann, muss eine Passung zwischen den in den Tätigkeitszusammenhängen realisierten Formen und dem informatischen Modell bestehen oder hergestellt werden können. Der Blick auf die bereits etablierten operationalen Formen eröffnet dementsprechend einen weiteren analytischen Zugang. Hinweise auf diese operationalen Formen finden sich dabei sowohl in den reflexiven Beschreibungen der Praktiker*innen hinsichtlich ihres eigenen Tuns als auch in einschlägigen Handlungsanweisungen, in institutionalisierten Vorgehensweisen sowie in den jeweiligen Gebrauchsgegenständen. Anders als bei den technischen Standards und Protokollen, liegt der analytische Fokus hier jedoch weniger auf den Gemeinsamkeiten als auf den Unterschieden zwischen den verschiedenen Anwendungskontexten und den hieraus resultierenden Passungsverhältnissen gegenüber dem informatischen Modell. Für die Analyse ergeben sich hieraus folgende Leitfragen: *Welche Anwendungskontexte lassen sich unterscheiden? Welche handlungsleitenden Modelle bzw. operationalen Formen, sind für die verschiedenen Anwendungskontexte konstitutiv? Wie passfähig sind diese Modelle in Bezug auf das der Plattform zugrunde liegende informatische Modell? Welche Anpassungsleistungen müssen in den verschiedenen Anwendungskontexten erbracht werden, um die Plattform sinnvoll nutzen zu können und ihren technischen Kern gegen Störungen abzusichern?*

Betrachtet man vor diesem Hintergrund noch einmal die eingangs zitierte User Story aus den Ausschreibungsunterlagen für das von der KMK beauftragte Adaptive Intelligente System, so wird zunächst deutlich, dass hier nicht nur eine Anforderung an die zu entwickelnde Plattform benannt wird, sondern dass auch wesentliche Annahmen über die Organisation von Lernprozessen sowie die Lernenden getroffen werden. Der (gesamte) Lernprozess wird hier als ein Vorgang modelliert, in dem die Schüler*innen kontinuierlich begleitet, ihr Verhalten (in Form von Eingaben) analysiert und sie durch Verbesserungsvorschläge und Erklärungen unterstützt werden. Diese Modellvorstellung entspricht durchaus dem Anspruch und der Logik intelligenter tutorieller Systeme (z. B. Sottilare, 2012; Holmes & Tuomi, 2022) und steht im Einklang mit technischen Standardisierungsvorhaben zur Dokumentation und Analyse von Lernaktivitäten (ADL, 2016; IMS Global, 2020). Sie impliziert aber auch, dass die durch das AIS zu vermittelnden Lerngegenstände so beschaffen sein müssen, dass mögliche ›Fehlvorstellungen‹ der Schüler*innen eindeutig und letztlich in automatisierter Form diagnostiziert werden können. Offen bleibt hingegen, wie mit jenen Themen und Unterrichtsgegenständen umzugehen ist, die sich einer solchen Diagnostik entziehen. Die dem informatischen Modell des AIS zugrunde liegende Idee des Lernens als eines Prozesses, der sich anhand definierbarer Indikatoren steuern lässt, ist durchaus kompatibel mit instruktionalen wie auch bildungspolitischen Positionen, die den institutionellen Bildungsauftrag der Schule in der prüfbaren Vermittlung von Kompetenzen sehen. Sie steht aber im Widerspruch zu jenen Positionen, die eine derartige Steuerung von Lernprozessen als pädagogisch kontraproduktiv erachten (z. B. Biesta, 2013). Ergänzend hierzu werden die Schüler*innen im Rahmen der User Story als lernwillige Subjekte charakterisiert werden, die durch das AIS ›an die Hand genommen‹ und in ihren ›Fehlvorstellungen‹ korrigiert werden möch-

ten. Auch diese Modellierung der Schüler*innen als »gefügige« Subjekte, die im Wesentlichen das tun, was von ihnen im Rahmen des jeweiligen pädagogischen Settings erwartet wird, dockt durchaus an klassische Ideen des Instruktionsdesigns an, negiert aber zugleich ihre mögliche Eigensinnigkeit und Widerständigkeit (Goodyear, 2000). Im Hinblick auf eine zukünftige Anwendung des AIS stellt sich damit schon jetzt die Frage, wie die Schüler*innen aber auch die Lehrkräfte mit dieser modellhaften Vereinfachung praktisch umgehen werden und ob und wie es ihnen gelingen wird, den technischen Kern des AIS gegen ihre eigene Eigensinnigkeit abzusichern.

Auch die Aussage in der Dokumentation zur Digitalen Vernetzungsinfrastruktur Bildung, dass »[d]as eigentliche Lernen [...] weiter in bestehenden Anwendungen und Portalen statt[findet]« und die zu entwickelnde Plattform lediglich die Basisinfrastruktur [stellt], um bestehende und neue digital gestützte Bildungsangebote und -plattformen von Akteuren aller Bildungsbereiche zu vernetzen« (BMBF Technischer Rahmen, 2022), markiert nicht nur eine strategische Abgrenzung zu existierenden Systemen, sondern rahmt zugleich »Bildungsangebote und -plattformen« als jene Orte, an denen »das eigentliche Lernen« stattfindet und die durch die zu entwickelnde Plattform vernetzt werden sollen. Lernen wird hier wie auch an vielen anderen Stellen in den Dokumenten zur Digitalen Vernetzungsinfrastruktur Bildung als ein Prozess der Wahrnehmung von Bildungsangeboten modelliert. Diese Bildungsangebote werden als in sich geschlossene Einheiten verstanden, die jeweils auf den Erwerb spezifischer Kompetenzen abzielen und von Anbietern zur Verfügung gestellt werden. Entsprechend werden auch die individuellen Bildungswege der Lernenden als sukzessive Wahrnehmung von Bildungsangeboten modelliert (BMBF Gestaltungsrahmen, 2021). Um die hiermit verbundene Vernetzungsfunktion technisch gewährleisten zu können, müssen die einzelnen Bildungsangebote in einer vereinheitlichten und maschinell verarbeitbaren Weise beschrieben werden. Der Rückgriff auf bereits etablierte Standards wird dementsprechend zu einem »K. o.-Kriterium« (Rörtgen et al., 2023) für die Plattformentwicklung und damit auch für die informatische Modellbildung. Betrachtet man einschlägige technologische Standards zur Beschreibung von Bildungsangeboten, etwa das European Learning Model (European Commission, 2023), genauer, so realisiert sich auch in diesen die Idee von Lernangeboten als abgrenzbaren Einheiten, die durch definierte Lernaktivitäten und -ergebnisse beschrieben werden. Gleichzeitig geht mit einer solchen Konzeption von Lernangeboten aber die praktische Notwendigkeit einher, die für das jeweilige Angebot konstitutiven Aktivitäten und Ergebnisse bereits im Vorhinein festlegen zu müssen. Auch wenn eine solche Modellierung durchaus der Vorstellung von Lernangeboten als Dienstleistungen und Waren entspricht, ist sie nur schwer vereinbar mit Ideen von Lernen und Bildung als einem ergebnisoffenen oder politisch-emanzipativen Prozess, in dem die beteiligten Akteur*innen sich erst noch darüber verständigen müssen, was und wie sie (gemeinsam) lernen wollen (Seemann et al., 2022).

5. Plattformisierung als gesellschaftspolitische und kulturelle Auseinandersetzung

Das Ziel dieses Beitrags ist es, einen analytischen Zugang zu umreißen, der es erlaubt, Plattformisierung als einen Prozess zu begreifen, in dem soziokulturelle Praktiken, formale Methoden und technische Realisierungsmöglichkeiten aufeinander bezogen und miteinander verwoben sind. Das Verständnis informatischer Modelle als technische Objekte, in denen sich sowohl Annahmen über antizipierte Anwendungskontexte als auch technische Lösungsansätze manifestieren, bietet die Möglichkeit, die damit verbundenen Setzungen und praktischen Implikationen bereits in frühen Phasen entsprechender Entwicklungsprojekte kritisch zu reflektieren. Indem der skizzierte Ansatz verdeutlicht, dass die ›Gemachtheit‹ digitaler Technologien nicht auf die Produktion technischer Lösungen reduziert werden kann, sondern immer auch die Auseinandersetzung mit sozialen und kulturellen Tätigkeitszusammenhängen einschließt, ist er im Idealfall dazu geeignet, eine analytische Grundlage zu schaffen, die »die Lamentierer und Macher zusammenbringt« (Rolf, 1992, S. 42).

Mit der Konzeption informatischer Modellbildung als einem nicht nur technischen, sondern immer auch kulturellen Prozess markiert der hier skizzierte Ansatz aber nicht nur einen analytischen Zugang, sondern auch eine kritische Position. Diese Position ergibt sich aus dem Umstand, dass informatischen Modellen als ›Handgriffen zur Wirklichkeit‹ (Floyd & Klischewski, 1998) zwangsläufig ein reduktives Moment innewohnt, da sie die produktive Mannigfaltigkeit menschlicher Tätigkeitsverhältnisse nie in ihrer Gesamtheit Rechnung tragen können. Folglich impliziert jedes informatische Modell ein »master narrative, [...] a single voice that does not problematize diversity« (Star & Lampland, 2009, S. 22). Da es jedoch keinen Bezugspunkt außerhalb sozialer Praktiken gibt, von dem aus sich über die Gültigkeit oder auch nur die Praxistauglichkeit eines solchen Master Narratives urteilen ließe (Piattoeva & Saari, 2020), ist die Entwicklung informatischer Modelle notwendigerweise ein konflikthafter Prozess, der kollektiver Aushandlung bedarf. In diesem Sinne sind informatische Modellbildung und Plattformisierung immer auch gesellschaftspolitische und kulturelle Prozesse, in denen um Selbstverständnisse und Zukunftsvorstellungen gerungen wird.

Bezogen auf die Entwicklung von Plattformen im Bildungsbereich, etwa dem Adaptiven Intelligenten System oder der Digitalen Vernetzungsinfrastruktur Bildung, folgt hieraus nicht zuletzt die Notwendigkeit einer frühzeitigen und breiten Diskussion der den Vorhaben zugrunde liegenden informatischen Modelle. Dies steht im Gegensatz zu der Auffassung, dass sich die pädagogischen Annahmen, die den entsprechenden Plattformen zugrunde liegen, erst im Zuge der Implementierung konkretisieren würden und ihre Analyse nicht losgelöst von der tatsächlichen Nutzung erfolgen kann (Bustorff et al., 2023). Die Entwicklung von Plattformen zur Unterstützung von Lern- und Bildungsprozessen kann nicht auf ein technisches Infrastrukturprojekt reduziert werden. Gerade Vorhaben, die den Anspruch erheben, ein zukünftiges Bildungssystem nachhaltig zu beeinflussen, können nicht losgelöst von Fragen nach der institutionellen Verfasstheit und Bedeutung dieses Systems betrachtet werden. Insofern der institutionellen Verfasstheit von Bildung selbst ein emanzipatives und bildsames Moment immanent ist und sie als Intermediäre zwischen dem Privaten und der bürgerlichen Gesellschaft fungiert

(u.a. Gelhard, 2020), lässt sich die Entwicklung entsprechender Plattformen nicht vom kollektiven Ringen um die zukünftige Rolle der Bildungsinstitutionen trennen. Die Frage, wer an der Entwicklung digitaler Plattformen im Bildungswesen beteiligt ist, wer welche Entscheidungen trifft und welche Annahmen als gegeben angenommen werden, kann aus dieser Perspektive nicht der Entwicklung und Realisierung technischer Lösungen nachgeordnet werden, sondern bildet deren zentrale Voraussetzung.

Der vorgeschlagene Zugang ist dabei durchaus anspruchsvoll, da er die Bereitschaft zu einer interdisziplinären Auseinandersetzung erfordert, in denen Modelle mehr sind als ›unschuldige‹ Beschreibungen oder Konstruktionen einer bestehenden oder erhofften Realität. Dieser Beitrag ist in diesem Sinne auch ein Appell an die Erziehungswissenschaften die informatische Modellbildung als eine Form der technischen Welterzeugung ernst zu nehmen und sich an den entsprechenden Auseinandersetzungen aktiv zu beteiligen.

Literatur

- ADL (2016). *Experience API – version 1.0.3*. <https://github.com/adlnet/xAPI-Spec>.
- Ametowobla, Dzifa (2020). *Die Plattformarchitektur als Strukturmuster: Ein Plattformbegriff für die soziologische Debatte* (3–2020). Technische Universität Berlin, Fak. VI Planen, Bauen, Umwelt, Institut für Soziologie Fachgebiet Techniksoziologie. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-71029-6>.
- Amiel, Tel (2024). Open education and platformization: Critical perspectives for a new social contract in education. *PROSPECTS*, 54(2), 341–350. <https://doi.org/10.1007/s11125-023-09660-x>.
- Biesta, Gert (2013). *The beautiful risk of education*. Paradigm Publishers.
- BMBF Gestaltungsrahmen (2021). *Gestaltungsrahmen und Hinweise für die prototypische Umsetzung einer Nationalen Bildungsplattform*. Bundesministerium für Bildung und Forschung. https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/107_21_broschue_re_nationalebildungsplattform_2.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (14.03.2025).
- BMBF Technischer Rahmen (2022). *BILDUNGSRAUM.DIGITAL – Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Nationalen Bildungsplattform*. Bundesministerium für Bildung und Forschung. https://bildungsraum.de/display/TG?preview=/18357001/23324176/NBP-Technischer-Rahmen_V21.pdf (14.03.2025).
- Bustorff, Amelie, Tille, Ralph, Wisniewski, Sabrina, Blum, Franziska & Lucke, Ulrike (2023). Nutzungsanforderungen, pädagogische Überlegungen und Grobstruktur einer digitalen Vernetzungsinfrastruktur für die Bildung. *E-Learning and Education*, 15. urn:nbn:de:0009-5-57936.
- Coy, Wolfgang (2008). Kulturen – nicht betreten? Anmerkungen zur »Kulturtechnik Informatik«. *Informatik-Spektrum*, 31(1), 30–34. <https://doi.org/10.1007/s00287-007-0207-z>.
- Decuyper, Mathias, Grimaldi, Emiliano & Landri, Paolo (2021). Introduction: Critical studies of digital education platforms. *Critical Studies in Education*, 62(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/17508487.2020.1866050>.

- Dolata, Ulrich (2018). *Privatisierung, Kuratierung, Kommodifizierung. Kommerzielle Plattformen im Internet* (2018–04). Universität Stuttgart, Institut für Sozialwissenschaften, Organisations- und Innovationssoziologie.
- Dourish, Paul (2017). *The stuff of bits: an essay on the materialities of information*. The MIT Press.
- European Commission. (2023). *European Learning Model*. <https://europa.eu/europass/elm-browser/index.html> (14.03.2025).
- Floyd, Christiane (1997). Autooperationale Form und situiertes Handeln. *Cognitio Humana – XVII. Deutscher Kongreß Für Philosophie*, 237–252. <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/9783050073651>.
- Floyd, Christiane (2002). Developing and Embedding Auto-Operational Form. In Yvonne Dittrich, Christiane Floyd & Ralf Klischewski (Hg.), *Social Thinking – Software Practice* (S. 5–28). MIT Press.
- Floyd, Christiane & Klischewski, Ralf (1998). Modellierung – ein Handgriff zur Wirklichkeit. In Klaus Pohl, Andy Schürr & Gottfried Vossen (Hg.), *Modellierung '98* (S. 21–26). *Gesellschaft für Informatik*.
- FWU – Das Landesinstitut der Medien (2024a). *Adaptives Intelligentes System – die persönliche Unterstützung für Lernende und Lehrende*. <https://fwu.de/projekte/ais/> (14.03.2025).
- FWU – Das Medieninstitut der Länder (2024b). *Vergabeverfahren AIS: Adaptives Intelligentes System. Anlage 1 Anhang II UserStories*. <https://www.dtv.de/Satellite/public/company/project/CXP4YTSHJDB/de/documents> (14.03.2025).
- Gelhard, Andreas (2020). Die Politisierung institutioneller Widersprüche. Honneth – Hegel – Rancière. In Steffen Herrmann & Matthias Flatscher (Hg.), *Institutionen des Politischen* (S. 293–320). Nomos.
- Geuter, Jürgen (2015). Machines Of Loving Grace/Wir brauchen die Algorithmen-Demokratie! *Wired*. https://https://www.wired.de/collection/latest/wir_brauchen_die_richtigen_mittel_um_unsere_algorithmen_zu_kontrollieren (26.02.2025).
- Goodyear, Peter (2000). Environments for lifelong learning: ergonomics, architecture and educational design. In Jonathan M. Spector & Theresa M. Anderson (Hg.), *Integrated and Holistic Perspectives on Learning, Instruction & Technology: Understanding Complexity* (S. 1–18). Kluwer Academic Publishers.
- Häußling, Roger (2016). Zur Rolle von Entwürfen, Zeichnungen und Modellen im Konstruktionsprozess von Ingenieuren. Eine theoretische Skizze. In Thomas H. Schmitz, Roger Häußling, Claudia Mareis & Hanna Groninger (Hg.), *Manifestationen im Entwurf: Design – Architektur – Ingenieurwesen* (S. 27–64). transcript.
- Hörning, Karl H. (2001). *Experten des Alltags*. Velbrück.
- Holmes, Wayne & Tuomi, Illka (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57(4), 542–570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>.
- IMS Global. (2020). *Caliper Analytics® Specification*. <https://www.imsglobal.org/spec/caliper/v1p2> (14.03.2025).
- Kirchner, Stefan (2021). *Kommt jetzt die Plattformgesellschaft? Grundlagen, Organisationen und Perspektiven in der digitalen Transformation*. Working Paper »Fachgebiet Digitalisierung der Arbeitswelt«, No. 3. Technische Universität Berlin.

- Knuuttila, Tarja (2005). *Models as epistemic artefacts toward a non-representationalist account of scientific representation*. Department of Philosophy, Univ. of Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-2798-3> (14.03.2025).
- Krippendorff, Klaus (1989). Product semantics: A triangulation and four design theories. In Seppo Väkevä (Hg.), *Product semantic '89*. http://repository.upenn.edu/asc_papers/254.
- Lehman, Meir M. (1980). Programs, Life Cycles, and Laws of Software Evolution. *Proceedings of the IEEE*, 68(9), 1060–1076.
- Löwgren, Jonas (1995). Applying Design Methodology to Software Development. *DIS'95*, 87–95.
- Mahr, Bernd (2009). Die Informatik und die Logik der Modelle. *Informatik-Spektrum*, 32(3), 228–249. <https://doi.org/10.1007/s00287-009-0340-y>.
- Modrow, Eckart & Strecker, Kerstin (2016). *Didaktik der Informatik*. De Gruyter.
- Mongili, Alessandro & Pellegrino, Giuseppina (2014). The boundaries of information infrastructures: An introduction. In Alessandro Mongili & Giuseppina Pellegrino (Hg.), *Information Infrastructure(s): Boundaries, Ecologies, Multiplicity* (S. xviii – xlv). Cambridge Scholars Publishing.
- Piattoeva, Nelli & Saari, Antti (2020). Rubbing against data infrastructure(s): methodological explorations on working with(in) the impossibility of exteriority. *Journal of Education Policy*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/02680939.2020.1753814>.
- Poell, Thomas, Nieborg, David & Van Dijck, José (2019). Platformisation. *Internet Policy Review*, 8(4). <https://doi.org/10.14763/2019.4.1425>.
- Rammert, Werner (2010). Technik. In Hans-Jörg Sandkühler (Hg.), *Enzyklopädie Philosophie* (S. 2697–2708). Meiner.
- Reckwitz, Andreas (2002). Toward a Theory of Social Practices: A Development in Culturalist Theorizing. *European Journal of Social Theory*, 5(2), 243–263. <https://doi.org/10.1177/13684310222225432>.
- Richter, Christoph & Allert, Heidrun (2024). Für eine »technologiebewusste Medienpädagogik« jenseits der Digitalisierung. Ein Weg in die Archive der Technizität. *Medienpädagogik*, 21, 323–350. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb21/2024.09.13.X>.
- Rieder, Bernhard (2020). *Engines of order: a mechanology of algorithmic techniques*. Amsterdam University Press.
- Rolf, Arno (2003). Interdisziplinäre Technikforschung und Informatik – ein Angebot für einen analytischen Orientierungsrahmen. *TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 12(3–4), 59–67. <https://doi.org/10.14512/tatup.12.3-4.59>.
- Rolf, Arno (1992). Informatik als Gestaltungswissenschaft – Bausteine für einen Sichtwechsel. In Werner Langenheder, Günter Müller & Britta Schinzel (Hg.), *Informatik cui bono?* (S. 40–48). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77808-7_5.
- Rörtgen, Steffen, Brenner, Roland, Zimmermann, Holger, Hupfer, Matthias & Zobel, Anett (2023). Metadata Standards in National Education Infrastructure: Development of Evaluation Criteria and their Exemplary Application. In René Röpke & Ulrik Schroeder (Hg.), 21. *Fachtagung Bildungstechnologien (DeLFI): Vols. LNI P-338* (S. 143–154). GI.

- Schatzki, Theodore R. (2012). A primer on practices: Theory and research. In Joy Higgs, Ronald Barnett, Stephen Billett, Maggie Hutchings & Franziska Trede (Hg.), *Practice-based education* (S. 13–26). Sense Publisher.
- Schatzki, Theodore R., Knorr Cetina, Karin & von Savigny, Eike (Hg.) (2001). *The Practice Turn in Contemporary Theory*. Routledge.
- Schubert, Sigrid & Schwill, Andreas (2011). *Didaktik der Informatik* (2. Auflage). Spektrum, Akad. Verl.
- Schulz-Schaeffer, Ingo (2004). Regelmäßigkeit und Regelhaftigkeit. Die Abschirmung des technischen Kerns als Leistung der Praxis. In Karl Heinz Hörning & Julia Reuter (Hg.), *Doing Culture: Neue Positionen zum Verhältnis von Kultur und sozialer Praxis* (S. 108–126). transcript.
- Seemann, Michael (2021). *Die Macht der Plattformen: Politik in Zeiten der Internetgiganten*. Ch. Links Verlag.
- Seemann, Michael, Macgilchrist, Felicitas, Richter, Christoph, Geuter, Jürgen & Allert, Heidrun (2022). *Konzeptstudie Werte und Strukturen der Nationalen Bildungsplattform*. Wikimedia Deutschland.
- Sesink, Werner (2004). *In-formatio: Die Einbildung des Computers – Beiträge zur Theorie der Bildung in der Informationsgesellschaft* (Band 3). LIT Verlag.
- Shove, Elizabeth, Pantzar, Mika & Watson, Matt (2012). *The Dynamics of Social Practice – Everyday Life and how it Changes*. Sage.
- Simon, Eduardo J., de Albuquerque, João Porto & Rolf, Arno (2008). Notwendige und vorläufige Formalisierungslücken in Organisationen. In Christiane Funken & Ingo Schulz-Schaeffer (Hg.), *Digitalisierung der Arbeitswelt: Zur Neuordnung formaler und informeller Prozesse in Unternehmen* (S. 239–261). VS.
- Sottolare, Robert A. (2012). Considerations in the Development of an Ontology for a Generalized Intelligent Framework for Tutoring. *Proceedings of the I3m Conference*. International Defense & Homeland Security Simulation Workshop, Wien. <https://doi.org/10.13140/2.1.4535.5528>.
- Star, Susan Leigh & Lampland, Martha (2009). Reckoning with Standards. In Martha Lampland & Susan Leigh Star (Hg.), *Standards and their stories: How quantifying, classifying, and normalizing practices shape everyday life* (S. 3–24). Cornell University Press.
- Thomas, Marco (2002). *Informatische Modellbildung – Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht* [Dissertation]. Universität Potsdam.
- VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (2024). »Mein Bildungsraum«. *Digitale Vernetzungsinfrastruktur für Bildung*. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. https://www.meinbildungsraum.de/fileadmin/user_upload/Informationen_und_Materialien/Downloads/2024-02_Handout_Mein-Bildungsraum.pdf (14.03.2025).
- Vinck, Dominique & Jeantet, Alain (1995). Mediating and Commissioning Objects in the Sociotechnical Process of Product Design: a Conceptual Approach. In Donald Maclean, Paolo Saviotti & Dominique Vinck (Hg.), *Management and new technology: designs, networks and strategies* (S. 111–129). COST Social Sciences.
- Weich, Andreas, Deny, Phillip, Friedigkeit, Marvin & Troeger, Jasmin (2021). Adaptive Lernsysteme zwischen Optimierung und Kritik: Eine Analyse der Medienkonstellation.

tionen bettermarks aus informatischer und medienwissenschaftlicher Perspektive. *MedienPädagogik*, 44, 22–51. <https://doi.org/10.21240/mpaed/44/2021.10.27.X>.

Zorn, Isabel (2014). Selbst-, Welt- und Technologieverhältnisse im Umgang mit Digitalen Medien. In Winfried Marotzki & Norbert Meder (Hg.), *Perspektiven der Medienbildung* (S. 91–120). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03529-7_5.