

---

Jahrbuch Medienpädagogik 21: Mit Medienpädagogik in die Zukunft.  
Entwürfe, Begründungen und (inter-)disziplinäre Begegnungen.  
Herausgegeben von Claudia de Witt, Sandra Hofhues, Mandy Schiefner-Rohs,  
Valentin Dander und Nina Grünberger

## Für eine ‹technologiebewusste Medienpädagogik› jenseits der Digitalisierung

### Ein Weg in die Archive der Technizität

Christoph Richter<sup>1</sup>  und Heidrun Allert<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

#### Zusammenfassung

*Ungeachtet der breiten Diskussion um Digitalisierung und (Post)Digitalität bleibt die Frage nach einem (medien-)pädagogischen Verständnis digitaler Technologieverhältnisse umstritten. Trotz der vielfach betonten Notwendigkeit einer ‹technologiebewussten Medienpädagogik› gerät die Technik als eigen- und widerständige Größe dabei oftmals in Vergessenheit. Vor diesem Hintergrund skizziert der vorliegende Beitrag eine technikgenetische Position, die die (Weiter-)Entwicklung digitaler Technologien als sukzessive Ausbildung technischer Objekte und damit verbundener praktischer und soziokultureller Milieus betrachtet. Digitale Technologien werden hierbei als kulturhistorisch kontingenter Rückgriff auf die jeweils verfügbaren ‹Archive der Technizität› verstanden, in denen sich algorithmische Techniken und repräsentationale Formen akkumulieren. Ausgehend von der Materialität digitaler Technologien umreißt der Beitrag einen analytischen Zugang, der zwischen der spezifischen Struktur und Operationsweise einer Technologie und ihrer praktischen Funktion und sozialen Bedeutung unterscheidet. Dies wird an den Beispielen von ChatGPT und der Experience API (xAPI)*



als zwei spezifischen technischen Objekten illustriert. Der Beitrag schliesst mit Überlegungen zu den theoretischen und forschungsmethodischen Implikationen sowie möglichen Einsatzpunkten neuer Formen informatischer Medienbildung.

## **For a ‹Technology-Aware Media Education› beyond Digitalization. A Path into the Archives of Technicity**

### **Abstract**

*Regardless of the broad discussion about digitalization and (post)digitality, the understanding of digital technological relationships in (media)education remains contentious. Despite the frequently emphasized need for a ‹technology-aware media education›, the substantive and resistant dimension of technology is of often forgotten. In response, this article sketches a technogenetic position that grasps the continuous development of digital technologies as the successive formation of technical objects and associated practical and socio-cultural milieus. Digital technologies are understood to be a culturally and historically contingent recourse to the available ‹archives of technicity›, accumulating algorithmic techniques and representational forms. Addressing the materiality of digital technologies, the article introduces an analytical approach that distinguishes between a technology›s specific structure and mode of operation and its practical function and social significance. This is illustrated using the examples of ChatGPT and the Experience API (xAPI) as specific technical objects. The article concludes by reflecting on theoretical and research methodological implications and potential applications for new forms of digital media education.*

### **1. Einleitung**

Auch wenn wir uns bereits seit einiger Zeit in einem Prozess der (Post) Digitalität befinden, in dem das Digitale zu einem ‹Medium› geworden ist, dessen wir uns nicht mehr einfach bedienen, sondern in dem wir leben und uns bewegen (z. B. Hubig 2000; Meyer 2014), sind wir zugleich mit einer fortwährenden Weiterentwicklung und Ausdifferenzierung digitaler Technologien konfrontiert (z. B. Roberge und Seyfert 2017; Bucher 2018;

Edwards 2018). Verfahren zur Verarbeitung sehr grosser Datenbestände, Blockchain-Technologien, teilautonome Waffensysteme und generative KI-Systeme sind nur einige der Beispiele, die unsere digitalen Technologieverhältnisse in den vergangenen Jahren nachhaltig verändert haben. Wie von verschiedenen Autor:innen herausgearbeitet worden ist, kann sich eine medienpädagogische Auseinandersetzung nicht auf Fragen des (kollektiven) Umgangs mit den digitalen Dingen beschränken, sondern muss sich auch mit den zugrundeliegenden technischen und informatischen Prozessen befassen (z. B. Sesink 2004; Schelhowe 2007; Jörissen und Verständig 2016; Knaus 2018). Ungeachtet der Forderung nach einer ‹technologiebewussten Medienpädagogik› (Schelhowe 2007), schwankt die medienpädagogische Auseinandersetzung mit den (digitalen) ‹Technologieverhältnissen› (Zorn 2014) jedoch zwischen Versuchen einer funktionalistischen Bestimmung der Digitalität als technischem Korrelat gesellschaftlicher Grundstrukturen (z. B. Niesyto 2017; Nassehi 2019) und sozialkonstruktivistischen Modellen einer konstitutiven Verwicklung von Mensch und Technik (z. B. Bettinger 2020; Decuyper 2021). Beide Zugänge vernachlässigen jedoch sowohl die Widerständigkeit und den Eigensinn der den digitalen Produkten zugrundeliegenden technischen Verfahren, die sich der intentionalen Zurichtung durch ihre Entwickler:innen auch immer wieder entziehen, wie auch die Leistungen, die auf der Seite der Anwender:innen erbracht werden müssen, um deren praktische Funktionsfähigkeit zu gewährleisten (vgl. Richter 2022; Richter und Allert 2014).

Vor diesem Hintergrund geht dieser Beitrag der Frage nach, wie sich die digitalen Technologieverhältnisse in einer Weise bestimmen lassen, die sowohl der kulturhistorischen Bedingtheit als auch der Eigensinnigkeit von digitalen Technologien Rechnung trägt, die sich nicht in ihrer praktischen Funktion und sozialen Bedeutung erschöpft. Als mögliche Antwort skizziert dieser Beitrag eine technikgenetische Position, die Prozesse der (Weiter-)Entwicklung digitaler Anwendungen, Systeme und Infrastrukturen in der sukzessiven Ausbildung generischer technischer Verfahren und hierauf bezogener praktischer und soziokultureller Milieus verortet. Ausgangspunkt hierfür bildet die Vorstellung von der Entwicklung digitaler Technologien als einem kulturhistorisch kontingenten Rückgriff auf die jeweils verfügbaren ‹Archive der Technizität› (Rieder 2020), die die

Möglichkeiten der technischen Formbildung und der realisierbaren Operationen in grundlegender Weise limitieren. Unter Bezugnahme auf die Arbeiten des Medien- und Kommunikationswissenschaftlers Bernhard Rieder und des Informatikers Paul Dourish werden hierbei ‹algorithmische Techniken› (Rieder 2020) sowie ‹repräsentationale Formen› (Dourish 2017) als wesentliche digitale Materialien in den Archiven der Technizität identifiziert. Der Beitrag setzt sich entsprechend auf theoretischer Ebene mit der Frage nach der Materialität des Digitalen als einem aktuellen Desiderat der (medien-)pädagogischen Forschung und Theoriebildung auseinander. Er wendet sich hierbei sowohl gegen eine funktionalistische Bestimmung des Digitalen wie auch gegen sozialkonstruktivistische Auflösungen der Differenz von Mensch und Technik und verweist stattdessen auf das komplexe Spannungsverhältnis zwischen der ‹technologischen› und der ‹ökologischen Dimension der menschlichen Lebensform› (Sesink 2012, 95, Herv. i.O), zwischen der Möglichkeit eines zielgerichteten Eingreifens in die jeweiligen Lebensbedingungen und einer existenziellen Abhängigkeit von eben jenen Bedingungen (ökologische Dimension). Jenseits entsprechender grundagentheoretischer Fragen, die sich den digitalen Technologieverhältnissen aus einer (medien-)pädagogischen Perspektive nähern (z. B. Sesink 2004, 2012; Schelhowe 2007; Zorn 2014), ist der Beitrag aber auch darum bemüht, einen konzeptuellen Rahmen zu schaffen, der es durch den Blick in die Archive der Technizität ermöglicht, neben den medialen auch die technologischen Momente der Digitalisierung forschungsmethodisch zu erschliessen. Der Beitrag lässt sich insofern auch als Ergänzung aktueller forschungsmethodischer Zugänge wie etwa zur Rekonstruktion der Topologien von Datenpraktiken (Decuyppere 2021) oder für Medienkonstellationsanalysen (Weich 2022) verstehen. Darüber hinaus liefert der Blick auf die Archive der Technizität einen Ansatzpunkt für eine alternative Form informatischer Medienbildung, die sich nicht einem technischen Machbarkeitsimperativ unterwirft, sondern Möglichkeiten aufzeigt, den Einfluss digitaler Technologien in ihrer Formbarkeit, aber auch in ihrer Widerständigkeit zu (de-)codieren (vgl. Iversen et al. 2018; Sander 2023).

Der Beitrag befasst sich zunächst mit der eigentümlichen Technikvergessenheit in der (medien-)pädagogischen Auseinandersetzung mit Fragen der Digitalisierung und markiert dabei die Materialität digitaler

Technologien als eine wesentliche konzeptuelle Leerstelle. Hieran anschließend werden die Grundzüge einer technikgenetischen Position dargelegt. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Bedeutung und kulturhistorischen Evolution der technischen Archive, auf denen die Entwicklung konkreter digitaler Technologien basiert. Um die zunächst auf theoretischer Ebene entwickelten Gedanken zu konkretisieren, werden diese anhand von zwei Beispielen diskutiert. Während ChatGPT als Beispiel für die Rolle algorithmischer Techniken dient, wird anhand der «Experience API (xAPI)» die Bedeutung einer bestimmten repräsentationalen Form für Datafizierung von Lern- und Bildungsprozessen nachgezeichnet. Der Beitrag schliesst mit einer Diskussion der theoretischen und forschungsmethodischen Implikationen wie auch möglicher Einsatzpunkte für neue Formen informatischer Medienbildung.

## **2. Eine eigentümliche Form der Technikvergessenheit**

Die Frage nach den «digitalen Technologieverhältnissen» und den damit verbundenen Möglichkeiten einer Technikkritik ist ein zentrales Thema der medienpädagogischen Diskussion und als solche keineswegs neu. So ist seit den frühen neunziger Jahre von sehr unterschiedlichen Autor:innen immer wieder die Notwendigkeit einer kritischen Auseinandersetzung mit digitalen Technologien eingefordert worden, die, wie es etwa Thomas Knaus (2018, 91, Herv. i.O.) formuliert hat, «nicht auf der Ebene des Mediums – der «äusseren Erscheinung» respektive dem *Interface* von Technik – enden» darf (u. a. Sesink 2012, 2004; Herzig 2001; Schelhowe 2007; Zorn 2014; Jörissen und Verständig 2016). Auch wenn die Auseinandersetzung mit den (medien-)pädagogischen und auch bildungstheoretischen Implikationen von Digitalisierung und Digitalität aus dem fachwissenschaftlichen Diskurs nicht mehr wegzudenken und der Beschäftigung mit den «Funktionsprinzipien und Strukturen der digitalen Artefakte» (Brinda et al. 2019, 4) ein fester Platz im Rahmen digitaler Medienbildungskonzepte eingeräumt worden ist, treten doch gerade diese «technischen» Funktionsprinzipien und Strukturen digitaler Technologien als Gegenstand von Forschung und Theoriebildung oftmals in den Hintergrund.

Die eigentümliche Form der Technikvergessenheit, um die es uns hier geht, bezieht sich nicht auf eine mangelnde Auseinandersetzung mit den sozialen Bedeutungen und praktischen Funktionen digitaler Technologien oder mit machttheoretischen Fragen ihrer Entwicklung, sondern vielmehr auf die Frage nach dem Verhältnis zwischen eben diesen Bedeutungen und Funktionen und den jeweiligen technischen Artefakten. Diese Frage impliziert sowohl die Suche nach einer systematischen Bestimmung der Spezifika digitaler Technologien als auch eine Ausdifferenzierung unterschiedlicher Arten digitaler Technologien. Weder der Verweis auf das allen digitalen Technologien zugrundeliegende binäre Schema aus Einsen und Nullen (z. B. Nassehi 2019) noch der Rückgriff auf «fundamentale Ideen der Informatik», etwa in Form der Algorithmisierung, Sprache und strukturierter Zerlegung (z. B. Schubert und Schwill 2011) liefern ausreichende analytische Bezugspunkte, um digitale Artefakte sowohl hinsichtlich ihrer kulturhistorischen Bedingtheit als auch in Bezug auf ihr operatives Verhalten hinreichend genau bestimmen und ausdifferenzieren zu können.

Neben entsprechenden funktionalistischen Ansätzen sind im Zuge des «material turns» in der (medien-)pädagogischen Diskussion um die Rolle der (technischen) Dinge aber auch zunehmend soziomaterielle Theorieangebote rezipiert worden, die von einer konstitutiven Verwicklung des Menschen in die soziale und materielle Welt ausgehen (u. a. Meyer-Drawe 1999; Fenwick et al. 2011; Röhl 2015; Nohl und Wulf 2013). Entsprechende Ansätze folgen dabei, wenn auch mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen, der techniksoziologischen Grundintuition, «dass keine Technik ohne ihre Einbindung in Konstellationen aus sozialer Praxis, bestehenden und adaptierten Sinnzusammenhängen und Institutionen Effekte haben kann» (Passoth und Rammert 2020, 313). Die hiermit verbundene Vorstellung der (digitalen) Technologieverhältnisse als einem dynamischen Beziehungsgeflecht, in dem soziale Praktiken und digitale Technologien in unauflösbarer Weise ineinander verwoben sind, findet in der aktuellen medienpädagogischen Diskussion unter anderem in der Forderung Ausdruck, dass «Technologien, Medialitäten, kulturelle Praktiken, materielle, räumliche und körperliche Bedingungen [...] als interdependentes Ensemble aufgefasst werden [müssen]» (Bettinger und Jörissen 2022, 84).

Forschungsmethodisch richtet sich der Blick entsprechend vermehrt auf die Analyse komplexer Medienkonstellationen (Weich 2022) und Topologien (Decuyper 2021).

So hilfreich die Idee einer konstitutiven Verwicklung von Mensch und Technik auch ist, um technik- wie auch sozialdeterministischen Engführungen zu entgehen, so bergen entsprechende relationale Ansätze, wie etwa Herbert Kalthoff, Torsten Cress und Tobias Röhl (2016, 30) argumentiert haben, jedoch die Gefahr, die Dinge, Substanzen und auch die technischen Artefakte «als austauschbare Produkte dieser Relationen anzusehen». Sie laufen Gefahr, entgegen ihrer Intention die Materialität der Dinge, ihre Widerständigkeit und ihren Eigensinn aus dem Blick zu verlieren und neigen dazu, digitale Technologien auf soziale oder kulturelle Epiphänomene zu reduzieren oder aber umgekehrt soziale Praxis selbst auf ihre Technizität zu reduzieren (vgl. Richter und Allert 2020). Indem sie sich auf die soziale Bedeutung und praktische Funktion der jeweiligen Technologien konzentrieren, begreifen sie Technik in erster Linie als *kristallisierte oder geronnene soziale Beziehungen* (Mackenzie 2005) und klammern damit die *ontologische Objektivität bzw. Autonomie* (Vaccari 2013) technischer Artefakte weitgehend aus, die sich in ihrer spezifischen Struktur und Operationsweise manifestiert (vgl. Gero und Kannengiesser 2014). Infolgedessen geraten Fragen nach der technischen Realisierbarkeit bestimmter operativer Zusammenhänge, aber auch nach ihrer praktischen Abschirmung gegenüber möglichen Störungen in den Hintergrund.

Diese grundlegende Problematik soziomaterieller Theorieangebote wird in Bezug auf die Auseinandersetzung mit digitalen Technologien besonders deutlich, da sich hier noch drängender die Frage stellt, wie sich die Materialität, die Widerständigkeit und Eigensinnigkeit digitaler Technologien verstehen lässt, die sich nicht in den Wünschen und Ideen ihrer Entwickler:innen erschöpft und auch nicht blosser Ausdruck sozialer und kultureller Verhältnisse ist (z. B. Leonardi 2010, 2013). Weder die Vorstellung des Digitalen als einem «material without qualities» (Löwgren und Stolterman 2004, 3), in das im Zuge der Programmierung beliebige Qualitäten eingeschrieben werden können (vgl. Jörissen und Verständig 2016), noch die Identifikation des «Digitalen» mit anderen generischen kulturellen Formen, wie etwa strukturierten Datenbeständen (z. B. Manovich

1999), Algorithmen (z. B. Gillespie 2014) oder Code (z. B. Introna 2011), bieten einen Antwort auf die Frage nach der Materialität des Digitalen. Entsprechend wird auch in der (medien-)pädagogischen Diskussion, die Frage nach der Widerständigkeit und dem Eigensinn der technischen Artefakte weitgehend ausgeklammert. Die Materialität des Digitalen wird dabei zumeist in den physischen (Infra-)strukturen und Schnittstellen verortet, die bestimmten Medienkonstellationen zugrunde liegen (z. B. Weich 2022) oder aber das Digitale wird selbst als ein Stoff bzw. Trägermedium verstanden, «worin sich die technische Form einprägt» (Rammert 2016, 74; vgl. Meder 2011).

Um die Vielfalt, aber auch die Dynamik der digitalen Technologieverhältnisse differenzierter erfassen und analysieren zu können, bedarf es vor diesem Hintergrund neuer Modelle digitaler Technologien, die «[d]ie strukturierende Wirkung der Digitalisierung auf unsere Alltage» (Koch 2023, 31) nicht allein in sozialen Aushandlungsprozessen verorten, sondern vielmehr der Widerständigkeit und Eigensinnigkeit technischer Artefakte und ihrer Genese Rechnung tragen.

### **3. Technikgenese und die Archive der Technizität**

Mit dem Ziel einer differenzierten Betrachtung digitaler Technologien sind in den vergangenen Jahren verschiedene Versuche unternommen worden, die spezifische Materialität digitaler Artefakte theoretisch in einer Weise zu fassen, die sie nicht in ihrer sozialen Bedeutung oder praktischen Funktion auflöst (z. B. Leonardi 2010; Kallinikos 2012).

Der theoretische Ansatz, der uns für (medien-)pädagogische Fragestellungen besonders vielversprechend erscheint und auf den wir uns im Weiteren beziehen, ist die von dem Medien- und Kommunikationswissenschaftler Bernhard Rieder (2020) im Anschluss Gilbert Simondon (2012) vorgeschlagene Konzeption digitaler Artefakte als einer stabilen und (im technischen Sinne) funktionsfähigen Integration verfügbarer «technischer Elemente». Die einzelnen Elemente, aus denen sich die Artefakte, oder in der Terminologie Rieders und Simondons, die «technischen Objekte», zusammensetzen, übernehmen dabei bestimmte Aufgaben innerhalb der jeweiligen technischen Funktionszusammenhänge. So dient etwa die



Nockenwelle als technisches Element eines Verbrennungsmotors dem zeitlich abgestimmten Öffnen und Schliessen der Ventilkappen, während der Keilriemen unter anderem für die Übertragung von Bewegungsenergie an die Lichtmaschine sorgt. Als Verkörperung spezifischer Wirkprinzipien und Funktionszusammenhänge sind nach Simondon jedoch weder die einzelnen Elemente noch das gesamte technische Objekt als isolierte Entitäten zu verstehen, sondern ähnlich einem Organ jeweils auf ein natürliches und technisches Milieu angewiesen, «das ihre Funktionsweise garantiert und bedingt» (Schick 2019, 92; vgl. Simondon 2012). Aufgrund der notwendigen Verwiesenheit der technischen Elemente und Objekte auf ein mit ihnen assoziiertes Milieu geht die Technikgenese aus dieser Perspektive nicht in der sozialen Bedeutung oder der praktischen Funktion der technischen Artefakte auf, sondern vollzieht sich vielmehr unter Rückgriff auf bereits existierende Elemente und Objekte entlang kontingenter Entwicklungslinien, deren Verlauf nur eingeschränkt planbar ist.

Bernhard Rieder (2020) hat diese Grundgedanken der *«Mechanologie»* Simondons aufgegriffen und auf die Genese digitaler Technologien übertragen. Entgegen der Vorstellung der Softwareentwicklung als einem weitgehend in sich geschlossenen Prozess und der *«Programmierung»* als genuinem Moment der Entwicklung digitaler Technologien betont Rieder den Umstand, dass auch die Entwicklung digitaler Produkte im Wesentlichen auf der Re-Kombination und Integration bereits bestehender technischer (Teil-)Lösungen basiert. Deutlich wird dies unter anderem, wenn Softwareentwickler:innen auf Programmiersprachen, Softwarebibliotheken, Systemarchitekturen oder auch auf Designmuster zurückgreifen, um neue Produkte zu schaffen. Auch die Entwicklung digitaler Produkte, etwa in Form von Anwendungen oder Plattformen, basiert insofern auf einem vorgängigen historischen Prozess der Akkumulation und Verbreitung jener technischen Elemente, auf denen dann in einzelnen Projekten zurückgegriffen werden kann. Es sind insofern jene *«constructive and cumulative archives»* of technicity and knowledge [that] shape the paths of possibility for the making of technical objects» (ebd., 55f.). Die Materialität des Digitalen wie auch die hieraus resultierenden *«Formbildungsmöglichkeiten eines Mediums»* (Schwemmer 2005, 55) sind keine festen oder fixierbaren Grössen, sondern wandeln sich entsprechend den Möglichkeiten,

die die ‹Archive der Technizität› in einem bestimmten kulturhistorischen Moment bieten. Rieder wendet sich somit explizit gegen die Reduktion digitaler Technologieentwicklung auf ein singuläres Prinzip oder die Anwendung fundamentaler Ideen der Informatik, sondern betont stattdessen ihren ‹kontinuierlichen, kontingenten und konstruktiven Charakter›, der immer wieder neue technische Elemente und Objekte sowie damit verbundene Milieus hervorbringt. Der wesentliche Punkt der von Bernhard Rieder formulierten technikgenetischen Position besteht in der damit verbundenen Verschiebung des analytischen Fokus, der sich sowohl von der Idee des Digitalen als einer generischen Technologie der computerbasierten Datenverarbeitung als auch von der Betrachtung einzelner anwendungsbezogener Entwicklungsprojekte löst und digitale Technologien stattdessen als ‹historically accumulated archive of technical possibilities› (Rieder 2020, 51) versteht. Der Blick richtet sich damit auf die spezifischen Eigenschaften der in diesen Archiven versammelten technischen Elemente wie auch auf die zu ihrer produktiven Anwendung erforderlichen Rahmenbedingungen in Form der mit ihnen assoziierten Milieus.

Als wesentliche Elemente in den Archiven digitaler Technologien identifiziert Rieder das, was er als ‹algorithmic techniques› bezeichnet. Diese ‹algorithmischen Techniken› versteht er dabei als ‹ways of carrying out tasks that are specified, designed, and materialized in software, but invented and arranged by human creators› (Rieder 2020, 83). Algorithmische Techniken, wie etwa verschiedene Sortier- und Suchverfahren oder Verfahren zur Erstellung von Empfehlungen, sind hierbei jedoch nicht als einzelne Algorithmen, sondern vielmehr als kollektiv anerkannte Prinzipien und Strategien zur Lösung bestimmter Arten von Problemstellungen zu verstehen. Während algorithmische Techniken sich zwar in unterschiedlichsten Darstellungsformen, Anwendungen und Konfigurationen wiederfinden können, nimmt die Menge algorithmischer Techniken zwar kontinuierlich zu, ist aber jeweils begrenzt (vgl. Rieder 2020, 100). Als Elemente digitaler Technologien beinhalten algorithmische Techniken nicht nur abstrakte Lösungsverfahren für wiederkehrende Problemstellungen, sondern auch das Wissen um mögliche Einsatzfelder und Entwicklungshorizonte sowie die Möglichkeiten und Voraussetzungen ihrer konkreten Umsetzung und Anwendung. Algorithmische Techniken sind insofern, wie

Rieder (2020, 17) formuliert, «at the same time material blocks of technicity, units of knowledge, vocabularies for expression in the medium of function, and constitutive elements of developers' technical imaginaries».

Während Bernhard Rieder im Anschluss an Nikolaus Wirths (1976) Konzeption eines Programms als Produkt aus Algorithmen und Datenstrukturen auch Datenstrukturen als Teil algorithmischer Techniken versteht, scheint es uns nicht zuletzt vor dem Hintergrund der oft vagen Abgrenzung von Prozessen der Digitalisierung und Datafizierung im (medien-)pädagogischen Diskurs sinnvoll, hier eine schärfere Unterscheidung vorzunehmen. Einen Ansatzpunkt hierfür liefert das von dem Informatiker Paul Dourish (2017) vorgeschlagene Konzept der «repräsentationalen Formen». Diese beziehen sich auf die Art und Weise, in der Daten organisiert werden müssen, damit sie von Datenbanken oder anderen Informationssystemen verarbeitet werden können. Das Spektrum repräsentationaler Formen reicht von Listen und Tabellen über verschiedenste spezifische Dateiformate bis hin zu Schnittstellen und Protokollen, über die Daten in definierter Weise ausgetauscht werden. Der Kerngedanke, um den es Paul Dourish geht, besteht darin, dass die jeweils verwendete repräsentationale Form einen wesentlichen Einfluss auf die Möglichkeiten der technischen Datenverarbeitung und damit auch auf den praktischen Umgang mit Daten hat. Wie Dourish (2017) am Beispiel von Pixel- und Vektorgrafiken als digitalen Formen der Repräsentation von Bildern verdeutlicht, wirkt sich das jeweilige Format nicht nur auf die Grösse des Datensatzes aus, sondern auch darauf, welche Operationen, wie etwa Skalierung oder Rotation, ausgeführt werden können. Sofern die repräsentationalen Formen «constrain, enable, limit, and shape the ways in which those representations can be created, transmitted, stored, manipulated, and put to use» (Dourish 2017, 16), bilden sie eine zu den von Rieder beschriebenen algorithmischen Techniken komplementäre Klasse von Elementen in den Archiven digitaler Technizität.

Der hier in äussert groben Zügen umrissene technikgenetische Zugang impliziert, wie bereits gesagt, eine Verschiebung des analytischen Fokus hin zu den konkreten historischen Linien, entlang derer sich digitale Technologien und die ihnen zugrunde liegenden algorithmischen Techniken und repräsentationalen Formen entwickeln. Dieser Perspektivwechsel

steht aber weder im Widerspruch zu Ansätzen, die Softwareentwicklung als Prozesse der informatischen Modellierung, Formalisierung und Implementierung konzeptualisieren, noch zu jenen, die die sozialen, praktischen und politischen Verwicklungen spezifischer Entwicklungsvorhaben hervorheben, sondern ergänzt diese vielmehr, indem er den Blick auch auf die Widerständigkeit und den Eigensinn der Technik richtet, die sich entlang eigener Entwicklungslinien vollzieht. Die *ontologische Autonomie der Technik* (Vaccari 2013) zeigt sich dabei, so liesse sich zugespitzt formulieren, insbesondere in dem Umstand, dass all jenes, für das sich in den Archiven der Technizität (noch) keine Lösung findet, technisch auch (noch) nicht realisierbar ist. Zugleich betont eine entsprechende technikgenetische Position aber auch, dass es jenseits der Fragen technischer Machbarkeit, nicht nur eines entsprechenden «technisch-geografischen Milieus» (Simondon 2012, 52) mit jeweils lokal verfügbaren technischen wie auch natürlichen Gegebenheiten und Ressourcen, sondern auch eines praktischen und soziokulturellen Milieus bedarf, in dem eine Technologie als funktionell und bedeutsam erscheint und das die Abschirmung des technischen Kerns digitaler Technologien garantiert (vgl. Schulz-Schaeffer 2004; Richter und Allert 2024).

#### **4. Der Weg in die Archive der Technizität am Beispiel von ChatGPT und xAPI**

Um den zunächst auf theoretischer Ebene und noch weitgehend in abstrakter Form entwickelten technikgenetischen Zugang zu konkretisieren, wollen wir im Folgenden anhand von zwei Beispielen zeigen, wie der Weg in die Archive der Technizität aussehen kann und welche Implikationen dies für die (medien-)pädagogische Auseinandersetzung mit Prozessen der Digitalisierung und Datafizierung haben könnte. Dabei werden wir zum einen anhand von ChatGPT auf die Bedeutung der zugrundeliegenden algorithmischen Techniken eingehen und zum anderen anhand der sogenannten «Experience API (xAPI)» die Bedeutung und Genese einer bestimmten repräsentationalen Form nachzeichnen. In beiden Fällen werden wir uns auf eine skizzenhafte Darstellung beschränken müssen.

## 4.1 ChatGPT als (Zwischen-)Produkt technischer Entwicklungslinien

Der vom US-amerikanischen Unternehmen OpenAI im November 2022 veröffentlichte Chatbot ChatGPT hat in kürzester Zeit ein immenses Interesse nicht nur unter Anwender:innen, der technisch interessierten Fachöffentlichkeit und in den Medien, sondern auch im (medien-)pädagogischen und erziehungswissenschaftlichen Diskurs gefunden. Die Bandbreite der adressierten Fragestellungen reicht hierbei von grundsätzlichen Fragen nach der Art und Weise, «wie wir leben wollen» (Ehlers 2023) bis hin zu Positionsbestimmungen hinsichtlich der Potenziale und Herausforderungen des Einsatzes von ChatGPT im Kontext verschiedener Anwendungsszenarien (z. B. Kasneci et al. 2023; Ständige wissenschaftliche Kommission der KMK 2024).

Löst man sich von der Fokussierung auf die soziale Bedeutung und praktische Funktion von ChatGPT, so lassen sich dessen «beeindruckende Leistungen» als «das Ergebnis einer ganzen Reihe unterschiedlicher Algorithmen und Methoden sowie vieler teils sehr kleinteiliger Tricks» (Linde 2023, o. S.) verstehen. Hinter der «einfachen» Grundidee, unter Rückgriff auf enorm umfangreiche Textsammlungen auf stochastischem Wege das jeweils nächste passende Wort vorherzusagen (vgl. ebd.), verbergen sich in der Terminologie Rieders verschiedenste algorithmische Techniken, die sich entlang komplexer Entwicklungslinien herausgebildet haben. ChatGPT ist als technisches Produkt tief in der Entwicklung künstlicher neuronaler Netze verwurzelt, deren Ursprünge sich bis in die 1940er-Jahre zurückverfolgen lassen, die aber erst mit der Verfügbarkeit sehr grosser Datenmengen wie auch entsprechender Rechenkapazitäten seit etwas mehr als 10 Jahren auch an praktischer Bedeutung gewonnen haben und mittlerweile zum dominierenden Paradigma der KI-Forschung geworden sind. ChatGPT fällt hierbei in die Gruppe der grossen Sprachmodelle (Large Language Models), einer Klasse von KI-Systemen, die auf die maschinelle Analyse, Transformation und Generierung natürlicher Sprache spezialisiert sind (z. B. Luitse und Denkena 2021; Seemann 2023).

Die Entwicklung der grossen Sprachmodelle ist massgeblich von der Erfindung der sogenannten «Transformer-Architekturen» geprägt (vgl. Wolf et al. 2020). Einem bei Google angesiedelten Forschungsteam gelang

es dabei, durch die Einführung einer ‹Aufmerksamkeitsebene› den textuellen Kontext eines Wortes bzw. einer Wortfolge wesentlich besser zu berücksichtigen und zugleich das Training der Modelle stärker zu parallelisieren und damit auch zu beschleunigen (Vaswani et al. 2017). Die hieran anknüpfende Entwicklungsarbeit von OpenAI hat zunächst mit dem sogenannten ‹Generative Pretrained Transformer (GPT)› die Architektur des Transformers vereinfacht, in dem das Sprachmodell zuerst an einer sehr grossen Textmenge in unsupervidierte Weise ‹vor-trainiert› wird, während in einem zweiten Schritt ein aufgabenspezifisches und supervidiertes ‹Finetuning› des Modells erfolgt (Radford et al. 2018). Um das Sprachmodell als Chatbot einsetzen zu können, wurde für das ‹Finetuning› zudem ein ‹Reinforcement-Learning-Verfahren› entwickelt, das es dem System durch Rückgriff auf einen weiteren supervidierten Lernprozess ermöglicht, die Qualität seiner eigenen Textproduktion einzuschätzen und entsprechend zu optimieren (Ouyang et al. 2022).

Betrachtet man ChatGPT als ein technisches Objekt, in dem verschiedene algorithmische Techniken miteinander integriert sind, so wird deutlich, wie die ‹beeindruckenden Leistungen›, aber auch grundlegende Limitationen von ChatGPT aufs Engste mit den verwendeten Techniken verknüpft sind. So macht eine technikgenetische Analyse unter anderem deutlich, dass die mangelnde Transparenz und Interpretierbarkeit der ‹Arbeitsweise› von ChatGPT weder auf die strategischen Interessen der Entwickler:innen noch auf das technische Desinteresse der Anwender:innen reduziert werden kann, sondern wesentlich in den eingesetzten Verfahren des maschinellen Lernens selbst begründet ist (vgl. Burrell 2016). Die Frage der ‹Erklärbarkeit› bezieht sich dabei nicht nur darauf, wie ChatGPT lernt, sondern auch darauf, was es lernt (vgl. Boge 2022).

Auch wenn grosse Sprachmodelle anhand des Trainingsmaterials nicht nur etwas über die Form von Sprache, sondern in gewisser Weise auch über Bedeutungszusammenhänge lernen (vgl. u. a. Bajohr 2023), verhindert die ChatGPT zugrunde liegende Arbeitsweise ein umfassenderes ‹Verständnis› der jeweils produzierten Texte. Die schrittweise Vorhersage des jeweils wahrscheinlichsten nächsten Wortes in einer Wortfolge führt vielmehr zu Phänomenen wie ‹Halluzinationen›, im Sinne der Generierung faktisch falscher oder unsinniger Aussagen (vgl. OpenAI et al. 2023), wie

auch zur Unmöglichkeit einer umfassenderen Form kreativer Textproduktion (Goertzel 2023). Insofern verbleibt auch ChatGPT in seiner technischen Funktionsweise auf der Ebene eines ‹stochastischen Papageien› (Bender et al. 2021). Aus technikgenetischer Sicht ist hierbei interessant, dass Probleme wie ‹Halluzinationen› zwar prinzipiell lösbar bzw. vermeidbar sind, eine entsprechende Lösung aber eine Veränderung des technischen und/oder des praktischen Milieus erfordern würde, in dem das Sprachmodell zum Einsatz kommt.

Ein weiterer Aspekt, in dem sich die digitale Materialität und ontologische Autonomie von Systemen wie ChatGPT manifestiert, betrifft den Umstand, dass die Struktur des technischen Objekts in einem nicht beliebig variablen Verhältnis zu den für seine Herstellung und Einsatz notwendigen Ressourcen steht, etwa in Form verfügbarer Rechenkapazitäten und damit verbundener Infrastrukturen. In Bezug auf ChatGPT zeigt sich dies, wie Dieuwertje Luitse und Wiebke Denkena (2021) in ihrer technikgenetischen Analyse dargelegt haben, etwa darin, dass durch die Transformer-Architektur wesentliche Schritte des Trainingsprozesses parallel verarbeitet werden können, sodass der Zugriff auf entsprechende Rechenkapazitäten und Infrastrukturen zu einer wesentlichen Voraussetzung für die Herstellung entsprechender Sprachmodelle geworden ist. Ähnliches gilt für deren Einsatz. So steht die Grösse des ‹Kontext-Fensters›, d. h. die Menge des Textes, der für die Vorhersage des jeweils nächsten Wortes berücksichtigt wird (Seemann 2023), in unmittelbarer Abhängigkeit zur erforderlichen Speicherkapazität und Rechenleistung (vgl. Child et al. 2019) und ist somit nicht beliebig erweiterbar.

Die hier nur cursorisch ausgeführten Überlegungen verweisen auf die komplexen technischen Entwicklungslinien, in die ChatGPT als technisches Objekt eingewoben ist, und die seine Struktur und sein Verhalten bestimmen. Sie machen auch deutlich, dass technische Entwicklungen, etwa durch die Kombination bestehender Sprachmodelle mit kontrollierten Datenbeständen (z. B. Lewis et al. 2021), das technische Verhalten entsprechender Systeme verändern können, sodass neue Nutzungsformen möglich werden. Ebenso sind auch gänzlich andere technische Ansätze denkbar, deren Verhalten und praktische Anwendungsmöglichkeiten sich nicht aus ChatGPT oder anderen grossen Sprachmodellen ableiten lassen (z. B. Goertzel 2023).

#### **4.2 Die Experience API als technisches Element zur Entwicklung von Verfahren zur Analyse von Lernprozessen**

Das zweite Beispiel bezieht sich auf das *Experience Application Programming Interface* (xAPI) als einer repräsentationalen Form, die dazu dient, Lernprozesse über die Grenzen einzelner digitaler Systeme hinweg zu dokumentieren und einer weiterführenden Analyse zugänglich zu machen. Die Experience API stellt hierbei ein generisches Datenformat dar, das es auf technischer Ebene ermöglicht, Daten aus unterschiedlichen Quellen zu übermitteln und zu aggregieren (Rustici Software o.J.a). Der Fokus der Experience API liegt auf der systematischen Aufzeichnung und Dokumentation von Lernprozessen. Als ein standardisiertes Format zum Austausch von Daten ist ein Datenformat wie die Experience API eine zentrale Voraussetzung für die Herstellung technischer Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen und damit auch für die Skalierbarkeit entsprechender Infrastrukturen (z.B. Mongili und Pellegrino 2014). Mit der Fokussierung auf Lernprozesse bildet die Experience API ein grundlegendes technisches Element für die Entwicklung von Verfahren und Technologien im Bereich der *Learning Analytics* (vgl. Rustici Software o.J.a).

Die Entwicklung der Experience API basiert auf der Annahme, dass (prinzipiell) alle lernrelevanten Ereignisse mittels eines einheitlichen Datenformats beschrieben werden können. Folgt man den Vorgaben der Experience API, so ist für die Dokumentation eines lernrelevanten Ereignisses lediglich die Angabe eines *Subjekts* mittels einer Referenz auf eine eindeutig identifizierbare Person oder Gruppe von Personen, eines *Verbs*, das Auskunft darüber gibt, was das Subjekt getan hat, sowie des *Objekts* erforderlich, auf das sich die jeweilige Tätigkeit bezieht (Rustici Software o.J.b). So bildet etwa die Aussage, «Christoph liest das Buch, *Die Herrschaft der Regel* von Bettina Heintz» ein (informelles) xAPI-Statement, das sich je nach Bedarf durch weitere Informationen, etwa zum Zeitpunkt des jeweiligen Ereignisses oder auch der dokumentierenden Institution ergänzen liesse (ADL 2016). Aus pädagogischer wie auch aus praktischer Sicht stellt sich hier durchaus die Frage, ob sich tatsächlich alle lernrelevanten Ereignisse, wie in der Experience API unterstellt, als transitive Prozesse der Form *Subjekt – Verb – Objekt* darstellen lassen, oder ob nicht vielmehr



durch diese konzeptuelle Setzung alternative Perspektiven auf Lern- und Bildungsprozesse systematisch ausgeblendet werden (Richter, Raffel, und Allert 2021).

Von einem technikgenetischen Standpunkt aus wird aber auch deutlich, dass das der Experience API zugrunde liegende Datenformat und damit auch die repräsentationale Form auf keiner pädagogisch begründeten Entscheidung beruht, sondern im Wesentlichen an vorhergehende technologische Entwicklungen anschliesst. So stellt die Experience API letztlich nichts anderes dar als eine Weiterentwicklung der W3C Activity Streams-Spezifikation, die ihrerseits dem Austausch und der Aggregation von Aktivitäten in Sozialen Medien dient (W3C 2017). Auf technischer Ebene bietet dies u. a. den Vorteil, dass die Hürden für die Integration von Social Media Anwendungen in Systeme zur Analyse von Lernprozessen deutlich reduziert werden, da die gleiche Grundstruktur verwendet werden kann. Die Experience API fügt sich insofern sehr gut in ein bereits etabliertes technisches Milieu ein, auch wenn dabei ein extrem vereinfachendes Modell von Lern- und Bildungsprozessen reproduziert wird (vgl. Bowe 2013).

Zugleich hat die Experience API als ‹technisches Element› aber auch unmittelbar Einfluss auf die Entwicklung entsprechender digitaler Lehr-Lern-Anwendungen, da es in der Konzeption und Umsetzung nun nicht mehr nur darum geht zu überlegen, welche Interaktionsmöglichkeiten die Lehrenden und Lernenden benötigen, sondern immer auch zu prüfen, welche Ereignisse hierbei zu aussagekräftigen Daten für eine spätere Analyse führen. Neben den hierfür notwendigen technischen Übersetzungsschritten von einem generischen Datenformat in ausführbaren Code erfordert die Experience API von den Entwickler:innen insbesondere ein ‹Mindset›, das sie dazu anhält, stets zu prüfen,

«what useful data could be collected about that experience, how the experience might be altered based on data from other experiences and how data from different experiences might be compared within your analytics» (Rustici Software o.J.b).

Besonders wichtig erscheint uns an diesem Beispiel der Umstand, dass technische Datenformate und Standards zwar durchaus Produkte sozialer Aushandlungen sind und immer auch eines praktischen Milieus bedürfen,

in dem ihr Einsatz bedeutsam ist, dass sie aber zugleich technisch gesehen unabdingbar sind, da nur so technische Interoperabilität zwischen digitalen Informationssystemen hergestellt werden kann (vgl. Star und Ruhleder 1996; Mongili und Pellegrino 2014).

## **5. Theoretische, forschungsmethodische und bildungspraktische Implikationen**

Der im Rahmen dieses Aufsatzes skizzierte Weg in die Archive der Technizität ist Teil unseres Versuchs, einen theoretischen wie auch empirischen Zugang zu den digitalen Technologieverhältnissen zu finden, der der Widerständigkeit und Eigensinnigkeit des ‹Digitalen› Rechnung trägt und Technik weder als blosses Korrelat gesellschaftlicher Grundstrukturen begreift noch soziale Praktiken und Technologien ineinander auflöst (vgl. Richter und Allert 2020, 2022). Die hier vertretene Position versteht dabei das Digitale nicht als ein einheitliches Medium und digitale Technologien nicht als in sich geschlossene Entitäten, sondern begreift die Genese digitaler Technologien als einen eigenständig evolvierenden Prozess, der in sich ebenfalls kontinuierlich verändernde technische wie auch praktische und soziokulturelle Milieus eingebunden ist. Zwischen dem operativen Verhalten einer digitalen Technologie sowie ihrer praktischen Funktion und sozialen Bedeutung besteht infolgedessen eine uneinholbare Differenz, sodass entsprechende Passungen immer nur temporärer Natur sind und aktiv erzeugt werden müssen, während es immer wieder zu Friktionen und damit verbundenen «konflikthafte[n] Prozesse[n] der An- und Enteignung natürlicher und kultureller Ressourcen sowie praktischer und theoretischer Fertigkeiten und Wissensbestände» (Ladewig und Seppi 2020) kommt. Bezogen auf die Beispiele von ChatGPT und xAPI zeigen sich entsprechende Friktionen sowohl hinsichtlich der notwendigen Anpassungen und Veränderungen der technischen Milieus als auch in den Auseinandersetzungen, etwa um die praktischen Anwendungsszenarien der Technologien oder die Möglichkeiten einer rechtlichen Regulierung.

Die mit einem techniken genetischen Ansatz verbundene Annahme einer ontologischen Autonomie technischer Elemente und Objekte konkretisiert auf theoretischer Ebene das Verständnis von Technologie als einer

«Basisdimension der menschlichen Lebensform» (Sesink 2012, 94), indem sie zwar das Moment einer konstitutiven Verwicklung von Mensch und Technik betont, ohne jedoch die Weltverhältnisse auf ihre technische Dimension zu reduzieren. Zugleich bietet die Konzeption der Technikgenese als einem kontinuierlichen, kontingenten, konstruktiven und insofern kulturhistorischen Prozess die Möglichkeit, digitale Technologien weder (allein) als Ausdruck eines grundlegenden (Denk-)Prinzips noch als funktionales Produkt sozialer Aushandlungsprozesse zu verstehen (Rieder 2020). Zwischen die Reduktion digitaler Technologien auf die Anwendung generischer und unveränderlicher Grundprinzipien auf der einen Seite und sozialkonstruktivistischen Analysen der Konzeption, Herstellung und Nutzung digitaler Technologien als beliebig formbaren Artefakten auf der anderen Seite tritt stattdessen eine differenzierte Betrachtung der jeweils spezifischen und ihren eigenen Dynamiken folgenden Konfiguration technischer Elemente – einschliesslich ihrer Verwicklung in die jeweiligen technischen, praktischen und soziokulturellen Milieus. Hiermit gehen sowohl Fragen nach den konkreten Eigenschaften und Qualitäten der jeweiligen technischen Objekte einher wie auch solche nach der Beschaffenheit der praktischen und soziokulturellen Milieus, innerhalb derer diese Objekte als potenziell anschlussfähig erscheinen. Entsprechend greift die Diskussion etwa um die Potenziale grosser Sprachmodelle im Bildungssystem (z. B. Ständige wissenschaftliche Kommission der KMK 2024) zu kurz, wenn sie nicht auch das operative Verhalten der technischen Objekte sowie die soziokulturellen Praktiken der Textproduktion reflektiert, die durch den Einsatz von ChatGPT herausgefordert, unterlaufen oder aufgelöst werden. Die Differenz zwischen operativem Verhalten, praktischer Funktion und sozialer Bedeutung eröffnet zudem einen analytischen Zugang, der ermöglicht, in der forschenden wie auch gestaltenden Auseinandersetzung (Spielräume) für andere Technologien, Praktiken und Diskurse auszuloten.

Der Rückgriff auf eine technikgenetische Konzeption eröffnet auch neue empirische Zugänge zur Untersuchung (post)digitaler Transformationsprozesse. Zentral ist hierbei der Umstand, dass (algorithmische Techniken) und (repräsentationale Formen) keine (latenten) Konstrukte darstellen, sondern sich als technische Elemente nicht nur in Form technischer Notationen oder Code realisieren, sondern immer auch Gegenstand

fachlicher Diskurse sind, in denen die jeweiligen technischen Elemente wie auch ihre Funktionsweisen in einer zwar fachspezifischen, aber natürlichen Sprache verhandelt werden. Insofern erschliesst sich der empirische Weg in die Archive der Technizität immer auch über jene sozialen Plattformen, auf denen die jeweiligen technischen Entwicklungen vorgestellt und diskutiert werden. Wie die in den Beispielen referenzierten Quellen zeigen, finden wesentliche Teile dieser ‹technikzentrierten› Diskussion tatsächlich in einem öffentlichen Raum statt und sind damit einer externen Analyse zugänglich (vgl. Rieder 2020). Gleichzeitig erfordert ein technikgenetischer Ansatz aber auch eine Modifikation bzw. Erweiterung bestehender methodischer Ansätze. So bildet die Analyse softwaretechnischer Modelle zwar einen wichtigen Anhaltspunkt für die Rekonstruktion von Annahmen über den Anwendungskontext eines Produkts (z. B. Weich et al. 2021), sie bleibt aber unvollständig, wenn sie nicht auch den Bezug zu den algorithmischen Techniken und repräsentationalen Formen herstellt, vor deren Hintergrund die jeweiligen Modelle entwickelt werden.

Darüber hinaus bietet ein technikgenetischer Zugang schliesslich auch einen Ansatzpunkt für eine alternative Form informatischer Medienbildung. Wesentlich für eine solche Form informatischer Medienbildung wäre die Einsicht, dass sich die kulturelle Dimension digitaler Technologien weder in den Intentionen und Ideen der Entwickler:innen noch in den unterschiedlichen praktischen Nutzungsformen und sozialen Deutungen erschöpft, sondern die technischen Elemente, die in digitalen Objekten zum Einsatz kommen, selbst historisch gewordene und damit kontingente kulturelle Produkte darstellen. In einer so verstandenen informatischen Medienbildung ginge es also im Wesentlichen darum, die technischen Entwicklungslinien, die kulturhistorisch kumulierten Archive sowie die jeweiligen Milieus nachzuzeichnen und mögliche Alternativen zu erkunden. Hierbei ginge es nicht zuletzt darum, ein Verständnis für die sich wandelnden technischen Funktionsweisen zu entwickeln und auch die praktischen und soziokulturellen Implikationen (noch) nicht existierender technischer Produkte zu reflektieren (vgl. Sander 2023).

## 6. Fazit

Das Anliegen dieses Beitrags war, ausgehend von aktuellen Überlegungen zur Materialität digitaler Technologien einen theoretischen wie auch empirischen Weg in die Archive der Technizität aufzuzeigen, der es ermöglicht, technische Entwicklungen in ihrer Vielfalt und Dynamik auch aus (medien-)pädagogischer Perspektive zu adressieren. Der Beitrag richtet dabei den Blick auf die digitalen Technologieverhältnisse als ein notwendiges Moment für das Verständnis von Kommunikations- und Interaktionsprozessen unter den Bedingungen der (Post)Digitalität. Der Beitrag markiert jedoch keinen Endpunkt, sondern ist vielmehr als Einladung zu weiterführenden theoretischen, forschungsmethodischen wie praktischen Auseinandersetzungen gemeint. Zu denken wäre hier beispielsweise an weiterführende theoretische Überlegungen im Hinblick auf die ‹Ko-Evolution› von Technologien und Praktiken sowie die hiermit verbundenen individuellen und kollektiven Transformationsprozesse, aber auch an die Adaptierung und Weiterentwicklung empirischer Zugänge.

Ungeachtet all dieser noch offenen Fragen stemmt sich der hier skizzierte technikgenetische Zugang jedoch gegen die Idee einer ausweglosen technischen Assimilation aller Lebensverhältnisse (vgl. Edwards 2018). Der vorgeschlagene Weg in die Archive radikalisiert vielmehr die Vorstellung von Technik als ‹evokativem Objekt› (Schelhowe 2007), in dem sich nicht ‹einfach› gesellschaftliche Prinzipien widerspiegeln, sondern das uns gemeinsam herausfordert, uns aktiv mit der Frage zu befassen, was diese Prinzipien sind und welche technologischen Alternativen wir für denkbar und wünschenswert halten. Mehr als eine (weitere) grundlagentheoretische Reflexionsfolie fordert ein technikgenetischer Zugang die Medienpädagogik als Disziplin heraus, sich in aktiv gestaltender Weise mit den digitalen Technologieverhältnissen zu befassen.

## Literatur

- ADL. 2016. «*Experience API – Version 1.0.3*». <https://github.com/adlnet/xAPI-Spec>.
- Bajohr, Hannes. 2023. «Dumb Meaning: Machine Learning and Artificial Semantics ». *IMAGE* 37 (1): 58–70. <https://doi.org/10.1453/1614-0885-1-2023-15452>.
- Bender, Emily M., Timnit Gebru, Angelina McMillan-Major, und Shmargaret Shmitchell. 2021. «On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?». In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 610–23. Virtual Event Canada: ACM. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>.
- Bettinger, Patrick. 2020. «Materialität und digitale Medialität in der erziehungswissenschaftlichen Medienforschung: Ein praxeologisch-diskursanalytisch perspektivierter Vermittlungsversuch». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* (Jahrbuch Medienpädagogik 15): 53–77. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb15/2020.03.04.X>.
- Bettinger, Patrick, und Benjamin Jörissen. 2022. «Medienbildung». In *Handbuch Medienpädagogik*, herausgegeben von Uwe Sander, Friederike von Gross, und Kai-Uwe Hugger, 81–93. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23578-9>.
- Boge, Florian J. 2022. «Two Dimensions of Opacity and the Deep Learning Predicament». *Minds and Machines* 32 (1): 43–75. <https://doi.org/10.1007/s11023-021-09569-4>.
- Bowe, Megan. 2013. «xAPI vs. Activity Streams». *xAPI.com* (blog). June 11, 2013. <https://xapi.com/blog/tin-can-vs-activity-streams/>.
- Brinda, Torsten, Niels Brügger, Ira Diethelm, Thomas Knaus, Sven Kommer, Christine Kopf, Petra Missomelius, Rainer Leschke, Friederike Tilemann, und Andreas Weich. 2019. «Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digitalen Welt». <https://dagstuhl.gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/Frankfurt-Dreieck-zur-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf>.
- Bucher, Taina. 2018. *If ... Then – Algorithmic Power and Politics*. New York: Oxford University Press.
- Burrell, Jenna. 2016. «How the Machine *Thinks*: Understanding Opacity in Machine Learning Algorithms». *Big Data & Society* 3 (1): 205395171562251. <https://doi.org/10.1177/2053951715622512>.
- Child, Rewon, Scott Gray, Alec Radford, und Ilya Sutskever. 2019. «Generating Long Sequences with Sparse Transformers». arXiv. <http://arxiv.org/abs/1904.10509>.
- Decuyper, Mathias. 2021. «The Topologies of Data Practices: A Methodological Introduction». *Journal of New Approaches in Educational Research* 10 (1): 67–84. <https://doi.org/10.7821/naer.2021.1.650>.
- Dourish, Paul. 2017. *The Stuff of Bits: An Essay on the Materialities of Information*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Edwards, Paul N. 2018. «We Have Been Assimilated: Some Principles for Thinking About Algorithmic Systems». In *Living with Monsters? Social Implications of Algorithmic Phenomena, Hybrid Agency, and the Performativity of Technology*, herausgegeben von Ulrike Schultze, Margunn Aanestad, Magnus Mähring, Carsten Østerlund, und Kai Riemer, 543:19–27. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-04091-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04091-8_3).
- Ehlers, Ulf-Daniel. 2023. «Wie wollen wir leben?» In *Künstliche Intelligenz in der Hochschulbildung: Chancen und Grenzen des KI-gestützten Lernens und Lehrens*, herausgegeben von Tobias Schmohl, Alice Watanabe, und Kathrin Schelling, 271–78. Hochschulbildung: Lehre und Forschung 4. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839457696-015>.
- Fenwick, Tara, Richard Edwards, und Peter Sawchuck. 2011. *Emerging Approaches to Educational Research – Tracing the Sociomaterial*. Milton Park: Routledge.
- Gero, John S., und Udo Kannengiesser. 2014. «The Function-Behaviour-Structure Ontology of Design». In *An Anthology of Theories and Models of Design*, herausgegeben von Amaresh Chakrabarti und Lucienne T. M. Blessing, 263–83. London: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6338-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6338-1_13).
- Gillespie, Tarleton. 2014. «The Relevance of Algorithms». In *Media Technologies: Essays on Communication, Materiality and Society*, herausgegeben von Tarleton Gillespie, Pablo J. Boczkowski, und Kirsten A. Foot, 167–94. Cambridge, MA: MIT Press.
- Goertzel, Ben. 2023. «Generative AI vs. AGI: The Cognitive Strengths and Weaknesses of Modern LLMs». arXiv. <http://arxiv.org/abs/2309.10371>.
- Herzig, Bardo. 2001. «Medienbildung und Informatik– Zur Fundierung einer integrativen Medienbildungstheorie». In *Informatikunterricht und Medienbildung, INFOS 2001, 9. GI-Fachtagung Informatik und Schule*. <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/30893>.
- Hubig, Christoph. 2000. «Mittel oder Medium? Technische Welterzeugung und ihre verkürzten Theorien». In *Entwerfen*, herausgegeben von Holger van den Boom, 71–83. Jahrbuch 4 der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig. Köln: Salon.
- Introna, L.D. 2011. «The Enframing of Code: Agency, Original and the Plagiarist». *Theory, Culture & Society* 28(6):113–41. <https://doi.org/10.1177/0263276411418131>.
- Iversen, Ole Sejer, Rachel Charlotte Smith, und Christian Dindler. 2018. «From Computational Thinking to Computational Empowerment: A 21<sup>st</sup> Century PD Agenda». In *Proceedings of the 15th Participatory Design Conference: Full Papers – Volume 1*, 1–11. Hasselt, Genk (Belgien): ACM. <https://doi.org/10.1145/3210586.3210592>.
- Jörissen, Benjamin, und Dan Verständig. 2016. «Code, Software und Subjekt. Zur Relevanz der Critical Software Studies für ein nicht-reduktionistisches Verständnis (digitaler Bildung)». In *Das Umkämpfte Netz*, herausgegeben von Ralf Biermann und Dan Verständig, 1-35: 37–50. Wiesbaden: Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-15011-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-15011-2_3).

- Kallinikos, Jannis. 2012. «Form, Function, and Matter: Crossing the Border of Materiality». In *Materiality and Organizing*, herausgegeben von Paul M. Leonardi, Bonnie A. Nardi, und Jannis Kallinikos, 67–87. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199664054.003.0004>.
- Kalthoff, Herbert, Torsten Cress, und Tobias Röhl. 2016. «Einleitung: Materialität in Kultur und Gesellschaft». In *Materialität – Herausforderungen für die Sozial- und Kulturwissenschaften*, herausgegeben von Herbert Kalthoff, Torsten Cress, und Tobias Röhl, 11–41. Paderborn: Wilhelm Fink.
- Kasneci, Enkelejda, Kathrin Seßler, Stefan Küchemann, Maria Bannert, Daryna Dementieva, Frank Fischer, Urs Gasser, et al. 2023. «ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education». Preprint. EdArXiv. <https://doi.org/10.35542/osf.io/5er8f>.
- Knaus, Thomas. 2018. «Technikkritik und Selbstverantwortung – Plädoyer für ein erweitertes Medienkritikverständnis». In *Medienkritik im digitalen Zeitalter*, herausgegeben von Horst Niesyto und Heinz Moser, 11: 91–107. Schriftenreihe Medienpädagogik Interdisziplinär. München: kopaed.
- Koch, Gertraud. 2023. «Digitalisierung aus kulturanalytischer Sicht. Forschungszugänge für die empirische Bildungsforschung». In *Bildung und Digitalität: Analysen – Diskurse – Perspektiven*, herausgegeben von Sandra Aßmann, und Norbert Ricken, 21–46. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-30766-0>.
- Ladewig, Rebekka, und Angelika Seppi, Hrsg. 2020. *Milieu Fragmente: technologische und ästhetische Perspektiven*. Leipzig: Spector.
- Leonardi, Paul M. 2010. «Digital materiality? How Artifacts without Matter, Matter». *First Monday*. <https://doi.org/10.5210/fm.v15i6.3036>.
- Leonardi, Paul M. 2013. «Theoretical Foundations for the Study of Sociomateriality». *Information and Organization* 23 (2): 59–76. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2013.02.002>.
- Lewis, Patrick, Ethan Perez, Aleksandra Piktus, Fabio Petroni, Vladimir Karpukhin, Naman Goyal, Heinrich Küttler, Mike Lewis, Wen-tau Yih, Tim Rocktäschel, Sebastian Riedel, und Douwe Kiela. 2021. «Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks». arXiv. <http://arxiv.org/abs/2005.11401>.
- Linde, Helmut. 2023. «So funktioniert ChatGPT». *Golem.de* (blog). February 6, 2023. <https://www.golem.de/news/kuenstliche-intelligenz-so-funktioniert-chatgpt-2302-171644.html>.
- Löwgren, Jonas, und Erik Stolterman. 2004. *Thoughtful Interaction Design: A Design Perspective on Information Technology*. New York: MIT Press.
- Luitse, Dieuwertje, und Wiebke Denkena. 2021. «The Great Transformer: Examining the Role of Large Language Models in the Political Economy of AI». *Big Data & Society* 8 (2): 205395172110477. <https://doi.org/10.1177/20539517211047734>.
- Mackenzie, Adrian. 2005. «Problematizing the Technological: The Object as Event?». *Social Epistemology* 19 (4): 381–99. <https://doi.org/10.1080/02691720500145589>.



- Manovich, Lev. 1999. «Database as Symbolic Form». *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies* 5 (2): 80–99. <https://doi.org/10.1177/135485659900500206>.
- Meder, Norbert. 2011. «Von der Theorie der Medienpädagogik zu einer Theorie der Medienbildung». In *Medialität und Realität*, herausgegeben von Johannes Fromme, Stefan Iske, und Winfried Marotzki, 67–81. Wiesbaden: VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-92896-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92896-8_5).
- Meyer, Torsten. 2014. «Die Bildung des (neuen) Mediums – Mediologische Perspektiven der Medienbildung». In *Perspektiven der Medienbildung*, herausgegeben von Winfried Marotzki und Norbert Meder, 149–70. Wiesbaden: Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-03529-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-658-03529-7_7).
- Meyer-Drawe, Käte. 1999. «Herausforderung durch die Dinge. Das Andere im Bildungsprozess». *Zeitschrift Für Pädagogik* 45: 329–36. <https://doi.org/10.25656/01:5953>.
- Mongili, Alessandro, und Giuseppina Pellegrino. 2014. «The Boundaries of Information Infrastructures: An Introduction». In *Information Infrastructure (s): Boundaries, Ecologies, Multiplicity*, herausgegeben von Alessandro Mongili und Giuseppina Pellegrino, xviii–xlvi. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing.
- Nassehi, Armin. 2019. *Muster: Theorie der digitalen Gesellschaft*. 2. Auflage. München: C.H. Beck.
- Niesyto, Horst. 2017. «Medienpädagogik und digitaler Kapitalismus. Für die Stärkung einer gesellschafts- und medienkritischen Perspektive». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 27 (Januar): 1–29. <https://doi.org/10.21240/mpaed/27/2017.01.13.X>.
- Nohl, Arndt-Michael, und Christoph Wulf. 2013. «Die Materialität ädagogischer Prozesse zwischen Mensch und Ding». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 16: 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0406-0>.
- OpenAI, Josh Achiam, Steven Adler, Sandhini Agarwal, Lama Ahmad, Ilge Akkaya, Florencia Leoni Aleman, et al. 2023. «GPT-4 Technical Report». arXiv. <http://arxiv.org/abs/2303.08774>.
- Ouyang, Long, Jeff Wu, Xu Jiang, Diogo Almeida, Carroll L. Wainwright, Pamela Mishkin, Chong Zhang, Sandhini Agarwal, Katarina Slama, Alex Ray, John Schulman, Jacob Hilton, Fraser Kelton, Luke Miller, Maddie Simens, Amanda Askell, Peter Welinder, Paul Christiano, Jan Leike, und Ryan Lowe. 2022. «Training Language Models to Follow Instructions with Human Feedback» arXiv. <http://arxiv.org/abs/2203.02155>.
- Passoth, Jan-Hendrik, und Werner Rammert. 2020. «Digitale Technik entspricht digitaler Gesellschaft? Symposiumsbeitrag zu: Armin Nassehi, Muster. Theorie der Digitalen Gesellschaft». *Soziologische Revue* 43 (3): 312–20. <https://doi.org/10.1515/srsr-2020-0045>.
- Radford, Alec, Karthik Narasimhan, Tim Salimans, und Ilya Sutskever. 2018. «Improving Language Understanding by Generative Pre-Training». Preprint. OpenAI. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:49313245>.

- Rammert, Werner. 2016. *Technik – Handeln – Wissen*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-11773-3>.
- Richter, Christoph. 2022. «Soziale Medien und Digitale Technologien». In *Spuren digitaler Artikulation – Interdisziplinäre Annäherungen an Soziale Medien als kultureller Bildungsraum*, herausgegeben von Nick Böhnke, Christoph Richter, Christoph Schröder, Martina Ide, und Heidrun Allert, 171–223. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839459744-006>.
- Richter, Christoph, und Heidrun Allert. 2020. «Bildung an der Schnittstelle von kultureller Praxis und digitaler Kulturtechnik». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 39 (December): 13–31. <https://doi.org/10.21240/mpaed/39/2020.12.02.X>.
- Richter, Christoph, und Heidrun Allert. 2022. «Überlegungen zur Ästhetik digitaler Technologien aus einer techniken genetischen Perspektive». In *Ästhetik Digitaler Medien*, herausgegeben von Martina Ide, 153–79. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839453612-009>.
- Richter, Christoph, und Heidrun Allert. 2024. «Die Illusion der Regel – Datafizierung als Form technischer Welterzeugung». In *Datafizierung (in) Der Bildung – Kritische Perspektiven auf digitale Vermessung in pädagogischen Kontexten*, herausgegeben von Mandy Schiefner-Rohs, Sandra Hofhues, und Andreas Breiter, 43–61. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839465820-004>.
- Richter, Christoph, Lars Raffel, und Heidrun Allert. 2021. «Towards a Closer Look at the Pipes and Joints of Educational Data Infrastructures: A Technogenetic Analysis of the Experience API». *Seminar.net* 17 (2). <https://doi.org/10.7577/seminar.4232>.
- Rieder, Bernhard. 2020. *Engines of order: a mechanology of algorithmic techniques*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Roberge, Jonathan, und Robert Seyfert. 2017. «Was sind Algorithmenkulturen?». In *Algorithmenkulturen – Über die rechnerische Konstruktion der Wirklichkeit*, herausgegeben von Robert Seyfert und Jonathan Roberge, 7–40. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.1515/9783839438008-001>.
- Röhl, Tobias. 2015. «Die Objektivierung der Dinge. Wissenspraktiken im mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulunterricht». *Zeitschrift für Soziologie* 44 (3): 162–79. <https://doi.org/10.1515/zfsocz-2015-0302>.
- Rustici Software. o.J.a. «Overview». xAPI.com (blog). <https://xapi.com/overview/>.
- Rustici Software. o.J.b. «xAPI Statements 101». xAPI.com (blog). <https://xapi.com/statements-101/>.
- Sander, Ina. 2023. «Critical Datafication Literacy – a Framework for Educating about Datafication». *Information and Learning Sciences*, November. <https://doi.org/10.1108/ILS-06-2023-0064>.
- Schelhowe, Heidi. 2007. «Interaktion und Interaktivität. Aufforderungen zu einer technologiebewussten Medienpädagogik». In *Jahrbuch Medien-Pädagogik 6*, herausgegeben von Werner Sesink, Michael Kerres, und Heinz Moser, 144–60. Wiesbaden: VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-90544-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-531-90544-0_7).

- Schick, Johannes. 2019. «Vom Homo Faber zum Homo Coordinans: Intuition, Technik und Erfindung bei Gilbert Simondon». In *Technik, Ereignis, Material: Neue Perspektiven auf Ontologie, Aisthesis und Ethik der stofflichen Welt*, herausgegeben von David Magnus, und Sergej Rickenbacher, 87–102. Kaleidogramme, Band 163. Berlin: Kadmos.
- Schubert, Sigrid, und Andreas Schwill. 2011. *Didaktik der Informatik*. 2. Aufl. Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag.
- Schulz-Schaeffer, Ingo. 2004. «Regelmässigkeit und Regelmässigkeit. Die Abschirmung des technischen Kerns als Leistung der Praxis». In *Doing Culture: Neue Positionen zum Verhältnis von Kultur und sozialer Praxis*, herausgegeben von Karl H. Hörning und Julia Reuter, 108–26. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839402436-007>.
- Schwemmer, Oswald. 2005. *Kulturphilosophie: Eine medientheoretische Grundlegung*. München: Wilhelm Fink.
- Seemann, Michael. 2023. «Künstliche Intelligenz, Large Language Models, ChatGPT und die Arbeitswelt der Zukunft». *Working Paper Forschungsförderung 304*. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Sesink, Werner. 2004. *In-Formatio: Die Einbildung des Computers – Beiträge zur Theorie der Bildung in der Informationsgesellschaft*. Vol. 3. Bildung und Technik. Berlin: Lit.
- Sesink, Werner. 2012. *Menschliche und Künstliche Intelligenz – Der kleine Unterschied*. Re-Edition der Printfassung Stuttgart 1993. [https://www.researchgate.net/publication/349223877\\_Menschliche\\_und\\_kunstliche\\_Intelligenz\\_Der\\_kleine\\_Unterschied](https://www.researchgate.net/publication/349223877_Menschliche_und_kunstliche_Intelligenz_Der_kleine_Unterschied).
- Simondon, Gilbert. 2012. *Die Existenzweise technischer Objekte*. 2. Aufl. Zürich: diaphanes.
- Ständige wissenschaftliche Kommission der KMK. 2024. «Large Language Models und ihre Potenziale im Bildungssystem. Impulspapier der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission (SWK) der Kultusministerkonferenz». Bonn, Berlin. <https://doi.org/10.25656/01:28303>.
- Star, Susan Leigh, und Karen Ruhleder. 1996. «Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces». *Information Systems Research* 7 (1): 111–34. <https://doi.org/10.1287/isre.7.1.111>.
- Vaccari, Andrés. 2013. «Artifact Dualism, Materiality, and the Hard Problem of Ontology: Some Critical Remarks on the Dual Nature of Technical Artifacts Program». *Philosophy & Technology* 26 (1): 7–29. <https://doi.org/10.1007/s13347-011-0059-y>.
- Vaswani, Ashish, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Lukasz Kaiser, und Illia Polosukhin. 2017. «Attention Is All You Need». arXiv. <http://arxiv.org/abs/1706.03762>.
- W3C. 2017. «Activity Streams 2.0». May 23, 2017. <https://www.w3.org/TR/activitystreams-core/>.

- Weich, Andreas. 2022. «Bildungsbezogene Medienkonstellationsanalyse: Konturen einer vermittelnden Herangehensweise angesichts der Grenze zwischen Subjekt Und Medien». *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Pädagogik* 98 (4): 457–73. <https://doi.org/10.30965/25890581-09703065>.
- Weich, Andreas, Philipp Deny, Marvin Priedigkeit, und Jasmin Troeger. 2021. «Adaptive Lernsysteme zwischen Optimierung und Kritik: Eine Analyse der Medienkonstellationen Bettermarks aus informatischer und medienwissenschaftlicher Perspektive». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 44 (Oktober): 22–51. <https://doi.org/10.21240/mpaed/44/2021.10.27.X>.
- Wirth, Niklaus. 1976. *Algorithms + Data Structures = programs*. Prentice-Hall Series in Automatic Computation. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Wolf, Thomas, Lysandre Debut, Victor Sanh, Julien Chaumond, Clement Delangue, Anthony Moi, Pierric Cistac, Tim Rault, Rémi Louf, Morgan Funtowicz, Joe Davison, Sam Shleifer, Patrick von Platen, Clara Ma, Yacine Jernite, Julien Plu, Canwen Xu, Teven Le Scao, Sylvain Gugger, Mariama Drame, Quentin Lhoest, und Alexander M. Rush. 2020. «HuggingFace’s Transformers: State-of-the-Art Natural Language Processing». arXiv. <http://arxiv.org/abs/1910.03771>.
- Zorn, Isabel. 2014. «Selbst-, Welt- und Technologieverhältnisse im Umgang mit digitalen Medien». In *Perspektiven der Medienbildung*, herausgegeben von Winfried Marotzki und Norbert Meder, 91–120. Wiesbaden: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-03529-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-658-03529-7_5).