MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft 61: Becoming Data – Pädagogische Implikationen postdigitaler Kultur.
Herausgegeben von Viktoria Flasche und Anna Carnap

Navigieren im Fluss sich wandelnder Technologien

Metakompetenzen im Kontext der Diversifizierung von KI-Technologien

Kerstin Raudonat[1] und Elisabeth Mayweg-Paus[1]

[1] Humboldt-Universität zu Berlin

Zusammenfassung
Digitalisierung ist geprägt von algorithmischen Strukturen, in deren Rahmen sich beständig diversifizierende KI-Technologien eine wichtige Rolle spielen. Inwiefern ist – unter der Prämisse der Postdigitalität – ein selbstbestimmter und angemessener Umgang mit entsprechenden Systemen im Fluss sich wandelnder Technologien möglich? Relevante Kompetenzen sind im Kontext schneller und vielfältiger technologischer Entwicklungen insbesondere auf der Ebene von Metakompetenzen zu denken. Zugleich sind in diese technisch bedingten Strukturen bestehende soziale Ungleichheiten und Barrieren für die Handlungsfähigkeit Einzelner eingeschrieben. Diese werfen Fragen im Hinblick auf die Gestaltung von Bildungsprozessen sowie auf die Entwürfe zukünftiger Systeme auf. Vor diesem Hintergrund diskutieren wir Metakompetenzen in zwei Teilbereichen der Digitalisierung: (1) beim Lehren und Lernen des Umgangs mit KI-Technologien am Beispiel von ChatGPT sowie (2) aufseiten der informatorischen Technikentwickler:innen.

Navigating in the Flux of Advencing Technologies. Meta-Competences in the Context of Diversification of AI Technnologies

Abstract
Digitalization is characterized by algorithmic structures in which constantly diversifying AI technologies play an important role. To what extent is it possible – under the premise of post-digitality – to deal with corresponding systems in a self-determined and appropriate way in the flow of changing technologies? In the context of rapid and diverse technological developments, relevant competences must be considered in particular at the level of meta-competences. At the same time, existing social inequalities and barriers to the ability of individuals to act are inscribed in these technically conditioned structures and raise questions with regard to the design of educational processes and the designs of future systems. Against this background, we discuss meta-competences in two sub-areas of digitization: (1) in teaching and learning how to use AI technologies using the example of ChatGPT and (2) on the part of information technology developers.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Raudonat, Kerstin, und Elisabeth Mayweg-Paus. 2024. «Navigieren im Fluss sich wandelnder Technologien. Metakompetenzen im Kontext der Diversifizierung von KI-Technologien». *MedienPädagogik* 61 (Becoming Data): 133–155. https://doi.org/10.21240/mpaed/61/2024.12.12.X.

1. KI-Technologien sind nicht neutral

Die zunehmende Digitalisierung ist geprägt von algorithmischen Strukturen, die für die meisten Menschen schwer greifbar und nur bedingt zugänglich, beobachtbar und steuerbar sind (vgl. z. B. Waltl 2019). Zugleich entfalten sie eine Wirkmacht in nahezu allen Bereichen unseres Lebens, der wir uns nicht entziehen können (s. dazu z. B. Orwat 2019; Köchling und Wehner 2020; oder die Publikationen von AlgorithmWatch zu jeweils aktuellen Themen rund um Algorithmen und Künstliche Intelligenz an der Schnittstelle zu Gesellschaft). Es fragt sich, wie in solchen Strukturen ein souveränes Subjekt bestehen und wie selbstbestimmtes und autonomes (Medien)Handeln aussehen kann. Aufgrund der zentralen Bedeutung des Subjekt-Begriffs in (Medien) Bildungsprozessen und medienpädagogischen Zielkategorien sind dies durchaus dringliche Fragen im medienpädagogischen Diskurs, was sich auch in der wiederkehrenden Diskussion um sich verändernde Subjekt-Verständnisse (auch der Infragestellung des Subjekts) und Konzepte zu Handlungsmacht zeigt (s. z. B. Jörissen 2017 und die *merzWissenschaft*-Ausgabe «Digitalität und Souveränität. Braucht es neue Leitbilder der Medienpädagogik» aus 2022: Reißmann und Bettinger 2022). Auch ist zu fragen, was dies für Konzepte von (Medien)Kompetenz und Kompetenzorientierung im Bildungssystem bedeutet. Zudem gilt es, aus machtkritischen Perspektiven zu fragen, wer Subjekte wie rahmt und wie diese Rahmungen den Prozess der Subjektivierung in Bildungsprozessen mitbedingen. Gerade machtkritische Positionen erscheinen im Kontext von mehr und mehr selbstlernenden algorithmischen Systemen von hoher Bedeutung, da Technik nicht neutral ist. Digitale Technologien, insbesondere Künstliche Intelligenz (KI), entfalten in ihrer stets steigenden Verbreitung eine Handlungs- und Wirkmacht im gesellschaftlichen, politischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Geschehen (s. dazu z. B. Orwat 2019; Berendt et al. 2020), wobei in diese Technologien die normativen Vorstellungen von Menschen über Menschen eingeschrieben sind (vgl. netzforma 2020).

Der vorliegende Beitrag fokussiert vor diesem Hintergrund, wie in Bildungskontexten mit der zunehmenden Ausdifferenzierung von KI-Technologien und KI-basierten Systemen/Anwendungen hinsichtlich der Fassung von (digitalisierungsbezogenen) Kompetenzen umgegangen werden kann. Zu berücksichtigen sind dabei Aspekte, die das Subjekt in Bildungsprozessen sowie seine durch algorithmenbasierte Systeme beeinträchtigte Handlungsmacht betreffen. Anschliessend wird diskutiert, wie eine Metakompetenz hinsichtlich KI-Technologien beschrieben und vor dem Hintergrund verschiedener KI-bezogener Kompetenzkonzepte verortet werden kann. Im Anschluss werden auf dieser Basis Aspekte dargestellt, die für die Bildungspraxis hinsichtlich der Lernprozesse von Anwender:innen auf der einen, die Ausbildung von Produzent:innen auf der anderen Seite relevant sind.

2. Im Spannungsfeld der Handlungsmächtigkeit des Subjekts und der Omnipräsenz von KI-Technologien im Kontext von (Medien)Bildungsprozessen

In Technologien und technischen Produkten materialisieren sich gesellschaftliche Gegebenheiten. Wie Marsden et al. (2023) aufzeigen, finden soziale Ungleichheiten sowie Stereotype und Vorurteile z. B. in Form von Vergeschlechtlichungen über die an Entwicklungsprozessen Beteiligten ihren Weg in Technologien und Produkte. Diese wiederum beeinflussen die gesellschaftlichen Verhältnisse, wodurch ein Kreislauf entsteht, in dem Biases und Diskriminierung verstärkt werden können. Gerade KI-Technologien bedürfen einer genauen Betrachtung, da sie – wenn auch oftmals unbeabsichtigt – zu systematischer und i. d. R. unsichtbarer Diskriminierung führen können (z. B. Raudonat et al. 2023; Orwat 2019). Mithin kommt KI in zahlreichen Lebensbereichen zum Einsatz – so beispielsweise in Social Media und Suchmaschinen, Health Apps und Programmen zur Risikoeinschätzung von Banken und Versicherungen, Bilddatenauswertung im Rahmen von Videokonferenz-Software und Überwachungssystemen, Übersetzungssoftware, Bild- und Textgeneratoren sowie vielen weiteren Anwendungen, die unser alltägliches Leben begleiten und beeinflussen. Sie ist hierbei ein oft unsichtbarer Bestandteil einer digitalisierten Welt, deren technologische Infrastruktur nur bedingt zugänglich und umso weniger beherrschbar ist. Mit steigender Komplexität und Leistungsfähigkeit von Systemen können auch die Entwickler:innen KI-basierter Systeme – insbesondere im Fall selbstlernender Systemen – die Entscheidungsgrundlagen dieser Verfahren nicht vollständig erklären und interpretieren (s. dazu Rudin 2019 und ihre Differenzierung von Blackbox-Modellen sowie Waltl 2019 bezüglich der Erklärbarkeit und Transparenz von Machine Learning). Während Digitalisierung – insbesondere auf Basis von KI – immer weiter vorangetrieben wird und werden soll (vgl. Pläne der EU-Kommission «Künstliche Intelligenz für Europa» [2018] und «Koordinierter Plan für Künstliche Intelligenz» [2018]), rücken immer stärker Forderungen nach Regulierung bzw. Regulierungsversuche (z. B. Vorlage des «Artificial Intelligence Act» (2021) der EU-Kommission), Forderungen nach Bewertung der Risiken und Nebenwirkungen sowie Forderungen nach dem Einsatz interpretierbarer Modelle in gesellschaftlichen Kontexten (vgl. Rudin 2019; Waltl 2019) in den Fokus. Der Status quo ist, dass trotz der bekannten Risiken (vgl. dazu z. B. den Review von Köchling und Wehner 2020 oder die Zusammenstellung von der Antidiskriminierungsstelle des Bundes in Orwat 2019) in Entscheidungsprozessen sogar in besonders kritischen Anwendungskontexten – sei es in der Wirtschaft, Medizin oder Justiz – zunehmend KI-Systeme eingesetzt werden.

So viele Vorteile und Möglichkeiten KI-basierte Systeme bringen können, so sehr drängen sich – insbesondere unter einer diversitätssensiblen und machtkritischen Perspektive – Fragen auf wie: Welchen Personen bzw. Personengruppen dienen diese Systeme und welchen nicht bzw. weniger? In welchem Mass wird wer unterstützt? Wessen Bedürfnisse werden berücksichtigt? Wem bringen sie Vorteile und

wem Nachteile? Die Konsequenzen der Omnipräsenz entsprechender Technologien betreffen verschiedene gesellschaftliche Teilgruppen in unterschiedlichem Ausmass. Wie insbesondere intersektionale (post)feministische Positionen zeigen, ist KI – wie auch andere informatische Artefakte (siehe dazu z. B. Bath 2009; Draude 2020; Wachter-Boettcher 2017) – keineswegs eine neutrale Technologie, sondern ein Resultat aus herrschenden Machtstrukturen (vgl. Fritsch und Schwichow 2021). In Algorithmen manifestieren sich oftmals Exklusionsmechanismen – gesellschaftlich und bei der Entwicklung von Systemen – marginalisierter Personengruppen (z. B. durch die Nicht-Repräsentation oder Überrepräsentation von Personengruppen in Entwicklungsteams, durch unausgewogene Konfigurationen von Nutzer:innen in Entwicklungsprozessen. Spezifisch im Hinblick auf KI ergeben sich weitere Risiken auf Basis unausgewogener, verzerrter bzw. korrumpierter oder schlichtweg nicht verfügbarer Datensätze, da z. B. vielfältige Daten marginalisierter Personengruppen über lange Zeit gar nicht erhoben wurden und z. T. immer noch nicht oder nicht systematisch erhoben werden. Beispiele zu Ergebnissen in Form diskriminierender Produkte finden sich z. B. in Orwat 2019 sowie Köchling und Wehner 2020). In demselben Zuge werden darauf basierende Diskriminierungen mittels der prinzipiellen Unzugänglichkeit und Intransparenz der Systeme sowie des Mythos von der «neutralen Technologie» verschleiert. Auch der Zugang zu digitalen Technologien und zu diesbezüglichen Informationen sowie deren Verwertung ist nicht für alle Bevölkerungsgruppen derselbe (Digital Divide). Es fragt sich also, wie souverän ein Subjekt handeln kann, wenn es z. B. gar nicht weiss, dass es durch ein KI-System diskriminiert wird, wenn es nicht weiss oder nicht darüber bestimmen kann, ob mittels eines KI-Systems Entscheidungen getroffen werden, die es beeinflussen oder wenn es keine Alternativen zur Nutzung gibt. In vielen Fällen sind Personen nicht Nutzer:innen, sondern Betroffene aufgrund der Nutzung Dritter (z. B. Versicherungen). Zudem fragt sich, wie selbstbestimmt ein Subjekt handeln kann, wenn die Parameter für Entscheidungen nicht bekannt sind: Da die konkrete Ausgestaltung von Algorithmen – und bei selbstlernenden Systemen zudem die Zusammensetzung der zum Training verwendeten Datensätze – zumeist als Geschäftsgeheimnis behandelt werden und somit weder öffentlich zugänglich noch überprüfbar sind, bleiben Funktionsweisen sowie etwaige (Diskriminierungs-)Risiken intransparent. Das Subjekt kennt also nicht die Bedingungen, unter denen es ein System nutzen kann.

Eine Medienpädagogik, die (Medien)Bildung als kritisch-emanzipatorischen Prozess versteht, dem Macht- und Gesellschaftskritik immanent sind, und die sich dem demokratischen Ideal der Teilhabe aller verpflichtet sieht, hat die Aufgabe, Subjekte in die Lage zu versetzen, gesellschaftliche Verhältnisse zu hinterfragen und sich selbst zu diesen zu positionieren. Die selbstbestimmte Handlungsfähigkeit und die Möglichkeiten des Subjekts, sich von (Macht)Strukturen zu emanzipieren, die sowohl in als auch durch digitale Systeme (re)produziert werden, erfahren massive

Begrenzungen und erscheinen in diesem Kontext mehr als Utopie denn als erreichbares Ziel von Bildungsprozessen. Ein zentrales Ziel zeitgemässer – und auch zukunftsorientierter – Medienpädagogik muss also sein, Menschen zu befähigen, an der Gestaltung der medialen und technologischen Rahmenbedingungen der digitalisierten Welt teilzuhaben, in der sie leben und die sie nicht überwinden können (und wollen). Notwendig hierfür sind ein Verstehen von Technologien, ihrer Funktionsweisen und ihrer gesellschaftlichen Tragweite sowie die Sensibilisierung für die (Re)Produktion bestehender Machtstrukturen in und mittels Technologien wie KI (KI-Kompetenzen). Dementsprechend müssen diese Aspekte integraler Bestandteil einer zeitgemässen Medienbildung und Teil einer explorativen und reflexiven Auseinandersetzung in der medienpädagogischen Praxis sein. Dies erfordert die Integration technisch orientierter und machtkritischer Perspektiven sowie diversitätssensibler intersektionaler Perspektiven in den medienpädagogischen Diskurs. Solche Perspektiven finden sich beispielsweise im Rahmen (post)feministischer Techno-Kritik (vgl. z. B. netzforma 2020; Wajcman 2009) und (post)cyberfeministischer Positionen (vgl. z. B. Peter 2001; Draude 2001; Gajjala und Mamidipudi 1999; Hester 2018). Zudem erfordert es, dass medienpädagogische Akteur:innen ihre eigenen Konzepte sowie deren Konstruktionsbedingungen selbstkritisch daraufhin analysieren, inwiefern diesen Logiken, die tradierte Machtverhältnisse wie z. B. Heteronormativität reproduzieren, immanent sind und die Konzept- und Theoriebildung sowie pädagogische Praxis durchdringen (vgl. dazu z. B. Stoltenhoff und Raudonat 2016).

Im Kontext eines kompetenzorientierten Bildungssystems ist zu diskutieren, welche Kompetenzen, welche Fähigkeiten und Wissensbestände relevant sind, um (möglichst) «kompetent» im Hinblick auf KI-Technologien zu handeln – sei es im privaten Alltag oder im Beruf, sei es eigen- oder sozialverantwortlich. Das meint, kompetent zu handeln in einem Feld, das permanent im Fluss ist, in dem sich Technologien sehr schnell (weiter)entwickeln und diversifizieren. Eine Orientierung auf einzelne Technologien oder Produkte ist hier nicht mehr gefragt, da sie schlicht zu kurz greift. Das meint auch, kompetent zu handeln in einem Setting, in dem viele Variablen nicht bestimmbar und beeinflussbar sind, also auch mit Ungewissheit und der eigenen Verstricktheit in algorithmisierte Ordnungen (Engel, Mayweg, und Carnap 2022) umzugehen. Eine Diskussion entsprechender Kompetenzen mit Blick auf das Handlungsfeld Schule lässt es pragmatisch erscheinen, den Blick v. a. auf das Subjekt und dessen individuelle Lernprozesse zu richten, die den jeweiligen Handlungs(spiel)raum innerhalb der rahmenden Strukturen (mit)bedingen. So wird im Folgenden auch die eingeschränkte Handlungsfähigkeit im Kontext von Kompetenzkonzepten thematisiert und die relationale Positionierung des Subjekts mitgedacht. Anschliessend werden für kompetentes Handeln relevante Aspekte

hinsichtlich der Nutzung von KI-Technologien am Beispiel von ChatGPT benannt und in einem nächsten Schritt relevante Aspekte für das kompetente Handeln hinsichtlich der Gestaltung von KI-basierten Artefakten ausgeführt.

3. Zur Beschreibung und Verortung einer KI-technologiebezogenen Metakompetenz im Kontext von KI-Kompetenzen

In Anbetracht der fortschreitenden technischen Innovationen müssen Bildungsinstitutionen reagieren, indem Bildungsprozesse und Lernziele reflektiert und – auf der Grundlage einer differenzierten und multiperspektivisch angelegten Auseinandersetzung – angepasst bzw. erweitert werden. Es stellt sich die Frage, welche Kompetenzen relevant sind und wie diese unter Berücksichtigung bestehender Theorien und Ansätze beschrieben und in aktuellen Kompetenzrahmenmodellen verortet werden können. Eine zeitgemässe KI-Kompetenz («AI-Literacy» [Artificial Intelligence]) repräsentiert eine Reihe wesentlicher Fähigkeiten, die benötigt werden, um in unserer digital geprägten Welt im Umgang mit KI-gesteuerten Technologien erfolgreich zu sein (Ng et al. 2021). Nach Long und Magerko wird KI-Kompetenz definiert als

> «eine Reihe von Kompetenzen, die es Personen ermöglichen, KI-Technologien kritisch zu bewerten; effektiv mit KI zu kommunizieren und zusammenzuarbeiten; und KI als Werkzeug online, zu Hause und am Arbeitsplatz zu nutzen» (2020, 2f.),

wobei der nicht-technische Hintergrund von Lernenden betont wird. Dieser Ansatz steht im Einklang mit den von Ng und Kolleg:innen (2021) in einer explorativ ausgerichteten Literatursichtung identifizierten Aspekten: Das Wissen und Verstehen, das Anwenden und Nutzen sowie das Evaluieren und Kreieren – jeweils unter Berücksichtigung ethischer Aspekte von KI. Ähnlich leiten auch Casal-Otero et al. (2023) drei prioritäre Achsen von KI-Kompetenz ab: (1) das Verständnis von KI-Konzepten und -techniken, um zwischen Artefakten oder Plattformen, die KI einsetzen, und solchen, die dies nicht tun, zu unterscheiden; (2) das Verständnis der Mechanismen hinter KI, um eine effektive Interaktion mit KI-Systemen zu ermöglichen; (3) das Verständnis, wie KI unser Leben beeinflussen kann, was uns befähigt, ihre technologischen Auswirkungen kritisch zu bewerten. Neben direkten Anwendungskompetenzen können somit zwei zentrale Merkmale herausgestellt werden, die für die Konzeptualisierung einer übergeordneten Metakompetenz als Befähigung zum Umgang mit digitalen Technologien entscheidend sind und die in aktuellen Kompetenzrahmenmodellen als sogenannte 21st Century Skills hervorgehoben werden (u. a. KMK 2021; DigComp 2.2 nach Vuorikari et al. 2022): Zum einen adressiert dieses Verständnis das «kritische Denken» als eine Denkfähigkeit «höherer Ordnung»

(Hyytinen et al. 2014; Scriven und Paul 1987), die sich auf die Fähigkeit beziehen lässt, sich kritisch mit der Rolle von KI-Anwendungen zu befassen, d. h. diese zu hinterfragen und zu bewerten. Zum anderen muss auch die soziale Dimension als Anteil von KI-Kompetenz berücksichtigt werden, die ein «Inbeziehungsetzen» (Kerres 2020) des agierenden Subjekts zu digitalen Technologien im Zusammenwirken mit menschlichen Akteur:innen erlaubt (Engel et al. 2022). Aus dieser Perspektive weist KI-Kompetenz Parallelen zur integrativen Fähigkeit des Computational Thinking (Doleck et al. 2017) auf. Computational Thinking als eine spezifische digitale Kompetenz bezieht sich insbesondere auf individuelle Fähigkeiten zum Problemlösen und entsprechende Denkstrategien, die dazu befähigen, komplexe Zusammenhänge zu erfassen und in Teilschritte zu zerlegen (die dann durch digitale Systeme und/oder Menschen ausgeführt werden können). So wird eine – unter Einbezug der Funktionsweisen digitaler Systeme – ganzheitliche, analytische und kritisch-reflektierende Auseinandersetzung mit realen Problemstellungen ermöglicht. Es umfasst neben einem grundlegenden informatischen Verständnis somit zentrale kognitive Fähigkeiten und Prozesse wie (kreatives) Problemlösen, kritisches und algorithmisches Denken sowie auch sozial-kollaborative Fähigkeiten (IEA 2016; Eickelmann et al. 2019; Katai 2015) und spiegelt ein «spezifisches Zugehen auf die Welt und die Umwelt» (Brandhofer und Wiesner 2018) wider. Ausgehend von dieser Konzeptualisierung von Computational Thinking ist im Hinblick auf den Kompetenzbegriff das agierende Subjekt nicht als alleiniger Ausgangspunkt, sondern immer unter Berücksichtigung der Relation zu anderen Beteiligten und Wirkfaktoren im digitalen Raum (z. B. Algorithmen) zu verorten.

Die Annäherung an ein Konstrukt der «Metakompetenz» erfordert eine Auseinandersetzung mit dem Konstrukt des kritischen Denkens. Viele Ansätze zum kritischen Denken betonen dessen zentrale Rolle für eine fundierte und selbstregulierte Entscheidungsfindung (Byrnes und Dunbar 2014; Ennis 1991; Fisher 2011) und beziehen sich dabei auf eine Reihe von Teilkompetenzen, die in Bezug zu einem konkreten, situativen Anwendungskontext gesetzt werden (Bailin 2002; Willingham 2007) – wie z. B. zu KI-basierten Systemen. So umfasst kritisches Denken sowohl (1) kognitive Fähigkeiten, die ermöglichen, etwas über die Welt zu wissen, wie im Bereich KI ein Verständnis zu den Funktionsweisen der Systeme und deren Möglichkeiten und Grenzen, als auch (2) metakognitive Fähigkeiten, die ermöglichen, etwas über das zu wissen, was man (nicht) weiss, d. h. was auf einer übergeordneten Ebene gewusst und verstanden wird (Kuhn 1999, 17). Kritisches Denken befähigt Menschen demnach dazu, Informationen und Zustände zu identifizieren, zu konstruieren, zu analysieren, zu synthetisieren und zu bewerten, um fundierte Schlussfolgerungen zu ziehen (Hyytinen et al. 2014; Scriven und Paul 1987). In Anlehnung an das Konzept der Metakognition (z. B. Kuhn 2016; Kuhn 1999; Lai 2011) oder das «Denken über das Denken» (Halpern 1998; Fulkerson et al. 2017) ermöglicht kritisches Denken

Reflexionsprozesse als eine Form des Lernens und der Auseinandersetzung mit der Welt (Fook et al. 2016). Kuhn (1999) argumentiert, dass Metakognition drei Instanzen annehmen kann: (1) Wissen darüber, was bekannt ist, d. h. metakognitives oder deklaratives Wissen; (2) Wissen über die Arten von Strategien, die zum Erlangen von Wissen verwendet werden, d. h. metastrategisches oder prozedurales Wissen; (3) das Verständnis, wie Wissen geschaffen wird, d. h. epistemologisches Wissen. Nach Byrnes und Dunbar ist kritisches Denken moderat skeptisch und misstrauisch und kommt zum Einsatz, wenn wir Behauptungen infrage stellen oder zumindest die Genauigkeit von Behauptungen nicht einfach passiv akzeptieren (2014, 479). Es manifestiert sich dabei auf kognitiver Ebene im Prozess des Stellens und Ausarbeitens kritischer Fragen (Mayweg-Paus et al. 2016), wobei solch explizite Formen von Ausarbeitungsprozessen oft als Indikatoren für die Tiefe von Reflexionsprozessen betrachtet werden (Csanadi et al. 2020; Felton und Kuhn 2001; Thiebach et al. 2016). Diese können auf übergeordneter Ebene eine kritisch-konstruktive Auseinandersetzung mit bestehenden Wissensinhalten anstossen (Millar und Osborne 1998; Newton et al. 1999). Kritisches Hinterfragen kann dabei als eine sozial-kommunikative Strategie verstanden werden, die Kompetenz – bzw. kompetentes Handeln mit KI-basierten Systemen – als etwas «Gemeinschaftliches in Vernetzung und ständiger Interaktion mit Menschen und Technologien» (Engel et al. 2022, 18) begreift und Hintergrundwissen sowie Hintergrundüberzeugungen ans Licht zu bringen vermag, die sonst unbeachtet bleiben könnten (Jucks und Paus 2013; Naess 1966; Paus und Jucks 2012).

Gleichzeitig können Elaborationsaktivitäten wie das kritische Hinterfragen als kognitiv sehr herausfordernd und belastend empfunden werden und somit auf motivationaler Ebene zu Einschränkungen führen (Thiebach et al. 2016). Insbesondere bei Lai:innen bzw. Noviz:innen sind die notwendigen informatischen Kompetenzen bzw. ein hinreichendes informatisches Grundverständnis, das zum Hinterfragen der den KI-Systemen zugrundliegenden Strukturen und Funktionsweisen befähigt, meist nicht hinreichend gegeben (Hornberger et al. 2023; Laupichler et al. 2023). Gleiches gilt für geringe Expertise in dem jeweiligen Fachgebiet. In diesen Fällen greift das Konzept des Vertrauens (Kaplan et al. 2023). In den meisten Fällen interagieren bei der Nutzung von KI-Systemen Mensch und KI-System miteinander. Diese Charakterisierung ihrer Interaktion weist auf die Bedeutung von Vertrauen hin: Damit die Interaktion erfolgreich ist, müssen die vom KI-System bereitgestellten Informationen passend bewertet werden; somit hängt das Ausmass, in dem Informationen weiterverwertet werden, u. a. von der wahrgenommenen Vertrauenswürdigkeit ab (Harris 2012). Dabei können drei Ebenen von Hinweisreizen differenziert werden: (1) die Information selbst, z. B. deren Verständlichkeit, (2) die Anbieter:innen von Informationen, z. B. deren Fachwissen, sowie (3) das Medium, z. B. dessen Grad an Interaktivität (Mayweg-Paus und Zimmermann 2022; Zimmermann und Mayweg-Paus 2021).

Vertrauen spielt eine zentrale Rolle in der (psychologisch-pädagogischen) Forschung zu Informationsbeschaffung und -bewertung (z. B. Aljazzaf et al. 2010; Bromme und Goldman 2014; Jones und Moncur 2018; Sillence et al. 2006), wobei zwei wesentliche Strategien eines elaborierten Umgangs mit Wissen und Informationen zur Einschätzung von deren Validität unterschieden werden: *first-hand evaluations* («What is true?») und *second-hand evaluations* («Whom to trust?») (Bromme et al. 2013; Bromme und Goldman 2014). Vertrauenswürdigkeit menschlicher Akteur:innen setzt sich zusammen aus Wohlwollen, Integrität und Expertise (Hendriks et al. 2015). Im Hinblick auf nicht-menschliche Akteur:innen lässt sich das CASA-Paradigma (computers-as-social-actors) von Nass et al. (1994) auf KI-Systeme übertragen: Dementsprechend ist die Interaktion mit KI-Systemen ein sozialer Prozess, in dem das KI-System wie ein Mensch bewertet wird. Ein Unterschied besteht darin, dass bei der Bewertung des Vertrauens in ein KI-System dessen Entwickler:innen, die Trainingsdaten oder weitere Aspekte des Lebenszyklus des KI-Systems dessen wahrgenommene Vertrauenswürdigkeit beeinflussen können (Kaur et al. 2022). Diese und weitere beobachtbare Anhaltspunkte, z. B. in Bezug auf die Expertise des KI-Systems, wirken auf die Wahrnehmung der Vertrauenswürdigkeit (Glikson und Woolley 2020; Hoff und Bashir 2015; Lucassen und Schraagen 2011). Während sich bei Menschen das Vertrauen in der Regel im Laufe der Beziehung entwickelt (Hoff und Bashir 2015), wird KI-Systemen oft direkt am Anfang vertraut – sie geniessen einen so genannten «positive bias» (Dzindolet et al. 2003; Glikson und Woolley 2020; Parasumaran und Manzey 2010). So zeigen beispielsweise aktuelle Arbeiten von Ruwe und Mayweg-Paus (2023, 2024), dass angehende Lehrkräfte Feedback durch ein KI-System im Vergleich zu menschlichen Feedback-Providern (Lehrende/Peers) als vertrauenswürdiger bezüglich der wahrgenommenen Kompetenz bewerten. Insbesondere die Bereitstellung von Meta-Informationen über die Quelle des Feedbacks (KI-System vs. Lehrende) können dabei als entscheidende Determinante für die Wahrnehmung des Feedbacks (u. a. in Bezug auf Fairness und Aktzeptanz) betrachtet werden (Ruwe und Mayweg-Paus 2024). Die Bezeichnung des Systems als «künstlich intelligent» und/oder Annahmen über die Fähigkeiten und die Objektivität eines Systems (Langer et al. 2022; Swiecki et al. 2022) können zur Entwicklung von Vertrauen führen. Dies wird z. B. durch den sich immer noch in zahlreichen Kontexten fortschreitenden Mythos der *Neutralität von Technik* genährt, obwohl bekannt ist, dass KI-Systeme an vielen Stellen verzerrte Inhalte produzieren (Kundi et al. 2022). Sobald die Interaktion fortschreitet und die Erwartungen nicht erfüllt werden, kann jedoch ein abnehmendes Vertrauen in das KI-System beobachtet werden (siehe Glikson und Woolley 2020). Problematisch sind hierbei Systeme, deren Unzulänglichkeiten nicht sichtbar sind wie beispielsweise KI-basierte Systeme, die diskriminierende Ausgaben liefern, die als solche aber nicht erkannt werden (können). Jenseits des häufig zu verzeichnenden «positive bias» kann der Vertrauensverlauf

auch ähnlich dem des Mensch-Mensch-Vertrauens sein: So können Menschen anfangs skeptisch gegenüber KI-Systemen sein und auf deren Nutzung – insoweit dies möglich ist – verzichten (Hengstler et al. 2016) und im fortschreitenden Verlauf der Interaktion Vertrauen entwickeln (siehe Glikson und Woolley 2020) – z. B. aufgrund von positiven Erfahrungen oder Gewöhnungseffekten. Im Hinblick auf Bildungskontexte zeigt beispielsweise eine Studie von Shin (2020) bezüglich der Nutzung eines KI-Systems zur Bewertung von Aufsätzen, dass (angehende) Lehrkräfte aufgrund der mangelnden Transparenz hierbei skeptisch sind.

Ein Kompetenzverständnis im Sinne einer Metakompetenz, die einen moderaten Umgang mit KI-basierten Systemen ermöglicht und Handlungsfähigkeit auch für zukünftige technische Entwicklungen anbahnt, berücksichtigt das Spannungsverhältnis von kritischem Denken und Vertrauen und manifestiert sich in einem stetigen (interaktiven) Prozess des Auslotens zwischen den beiden Komponenten, d. h. als ein kritisch-reflektiertes Vertrauen. Dies steht in direkter Beziehung zu den (spezifischen) Merkmalen und Funktionsweisen des jeweiligen KI-Systems und wird gleichzeitig determiniert durch die vom System erzeugten Inhalte. Bei generativen sprachbasierten KI-Systemen wie ChatGPT gestaltet sich die Interaktion wie ein sozialer Akt (Mishra et al. 2023) und stellt durch eine induzierte «scheinbare» Vertrauenswürdigkeit, die sich durch die menschenähnliche (anthropomorphe) Kommunikationsweise begründet, besondere Herausforderungen an die Bewertung und den Umgang mit dem System. Hier wird die relationale Positionierung des Subjekts in einem stetigen Aushandlungsprozess direkt erfahrbar, da die Struktur der Interaktion zwischen Mensch und KI menschlich anmutet. Es gilt, in weiterer Forschung zu klären, welche Rolle unterschiedliche KI-Systeme in Bildungsprozessen einnehmen können und welchen Einfluss ihre Spezifika haben. Wie wirken sprachbasierte «soziale» Systeme auf die Entwicklung von Metakompetenzen im Sinne eines kritisch-reflektierten Vertrauens? Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten ergeben sich im Vergleich zu KI-Systemen, die weniger präsent sind und so mitunter erschweren, die Relevanz des kritischen Hinterfragens und des Vertrauens wahrzunehmen?

4. Implikationen für die Bildungspraxis

Eine auf Kompetenzen orientierte Perspektive bedeutet für die Bildungspraxis zunächst die Herausforderung, entsprechende (Fach)Inhalte sowie kritisch-reflexive Lehr-/Lernsettings in Bildungsprozesse in die unterschiedlichen Bildungskontexte zu integrieren. Dies erfordert einerseits die Systematisierung einer KI-technologiebezogenen Metakompetenz, also letztlich das Ausbuchstabieren anzuvisierender Bestände an Fachwissen, informatischem Verständnis und «AI skills»: Was müssen Lernende wissen, verstehen und können?, und die didaktische Komponente: Wie und in welchem Kontext kann Lernenden dies vermittelt werden? Andererseits

erfordert dies, sensibel und reflektiert mit den unterschiedlichen Voraussetzungen von Lernenden umzugehen, um nicht Bildungsungleichheit zu reproduzieren, die im Kontext von KI-Technologien in besonderem Masse von Auswirkungen des sich z. T. verschärfenden Digital Divide betroffen ist. So stellt sich die Frage, wie mit unterschiedlichen technologiebezogenen Zugängen und Begleitungsformen sowie (z. T. eben daraus resultierenden) unterschiedlichen Wissens- und Kompetenzständen umzugehen ist.

Im Folgenden wird beispielhaft (entsprechend ohne Anspruch auf Vollständigkeit) eine Zusammenstellung übergeordneter kompetenzbezogener Aspekte – ausgehend von einem spezifischen KI-Tool: hier ChatGPT – vorgenommen, die die im vorangegangenen Abschnitt thematisierten Konzepte aufgreift: Die Nutzung von ChatGPT in formalen Bildungskontexten wird seit der Veröffentlichung der Beta-Version im November 2022 rege diskutiert, sowohl im Hinblick auf Chancen als auch auf Risiken. ChatGPT ist ein KI-basierter Chatbot, spezifischer: ein interaktives Sprachmodell, das mithilfe selbstlernender neuronaler Netze, gespeist aus einer immensen Datenbasis auf Anfrage Texte generiert (bidt 2023). Grossteils bestehen die Daten aus unüberwacht zugeführten Texten aus dem Internet ergänzt durch menschliches Feedback, um das Sprachmodell hinsichtlich Themen wie Sexismus, Rassismus und Hatespeech zu sensibilisieren; hinsichtlich des Umfangs und der Kuratierung der Datengrundlage macht die Entwicklungsfirma allerdings kaum konkrete, öffentlich zugängliche Angaben (bidt 2023). Relevante Aspekte für die Nutzung von ChatGPT auf Basis eines kritisch-reflektierten Vertrauens im Sinne einer Metakompetenz sind hierbei u. a.:

- Nutzer:innen sollten zu einem gewissen Mass nachvollziehen können, wie generative KI-Systeme und spezifisch sprachverarbeitende KI-Systeme funktionieren.
- Nutzer:innen sollten ein Verständnis dafür haben, welche Bedeutung die Datenbasis, mit der KI-Systeme trainiert werden, im Hinblick auf die ausgegebenen Ergebnisse hat (z. B. bezüglich der Aktualität und der Repräsentation unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen; Kenntnis des Prinzips «bias in/bias out» und betroffener Dimensionen wie gender bias, race bias oder political bias).
- Nutzer:innen sollten die Notwendigkeit der Reflexion/Prüfung der Ausgaben verstehen (z. B. Intransparenz hinsichtlich der Herkunft von Informationen; Nicht-Einordnung von Ergebnissen sowie fehlende Alternativen vermitteln den Eindruck, der Output sei das einzig relevante Ergebnis – ein Problem, das auch aus dem Kontext der Nutzung von Suchmaschinen wie Google bekannt ist) sowie dafür relevante Kriterien kennen (z. B. Nachprüfbarkeit durch Quellenangaben).
- Nutzer:innen sollten eine Sensibilität für Diskriminierungsrisiken sowohl bezüglich der Eingaben (z. B. aufgrund unterschiedlichen sprachlichen Ausdrucksvermögens) als auch bezüglich der Ausgaben (z. B. Reproduktion bestehender Stereotype und sozialer Ungleichheiten) haben.

- Nutzer:innen sollten eine Bewusstheit dafür haben und aufrechterhalten, dass die anthropomorphe Interaktion und alltägliche Verwendung das Vertrauen in Systeme beeinflussen und sozusagen aus Gewohnheit heraus zu unreflektiertem («blinden») Vertrauen führen kann (dies umfasst auch die Reflexion der eigenen Rolle sowie der Merkmale der KI).
- Nutzer:innen sollten ein Verständnis dafür haben, für welche Anwendungszwecke ChatGPT sich mehr oder weniger eignet (z. B. Hilfe bei der Vorstrukturierung von Texten vs. Ratgeber für ethisch-moralische Fragen und Bewertungen).
- Nutzer:innen sollten in der Lage sein, ChatGPT zur Umsetzung ihrer Ziele im jeweiligen Anwendungskontext einzusetzen und die diesbezügliche Eignung zu bewerten (z. B. praktische Anwendungskompetenz, Prompt-Techniken, Kenntnisse über Möglichkeiten und Grenzen sowie Risiken von ChatGPT, auch in Relation zu vergleichbaren Tools).

Durch die Nutzung von ChatGPT im Zusammenhang mit Unterricht können Schüler:innen einerseits lernen, wie sie dieses Tool für sich nutzbringend anwenden, andererseits Wissen und Fähigkeiten aufbauen, die KI-Technologien betreffen. Relevant für die möglichen Lernprozesse ist zunächst die (didaktische) Konzeption des Lehr-/Lernsettings durch die Lehrkraft. Hierbei ist es z. B. wichtig im Hinblick auf die Differenzierung der Lernenden, die spezifische Ausgabeform von ChatGPT (Text) zu reflektieren, um Schüler:innen mit unterschiedlichen sprachlichen Fähigkeiten gerecht werden zu können. ChatGPT kann hierbei zum Ausgangspunkt für (fortgesetzte) Verzerrungen oder gezielt sprachbildnerisch genutzt werden. An sich kann ein System wie ChatGPT eine Unterstützung bei Lern- und Arbeitsprozessen bieten, die jenseits der Ressourcen von Lehrenden sowie zeit- und ortsunabhängig zur Verfügung steht. Hiervon profitieren unterschiedliche Gruppen von Lernenden unterschiedlich stark: Relevante Faktoren sind hierbei u. a. die Zugänglichkeit zum System (z. B. Verfügbarkeit von Geräten und Internet an unterschiedlichen Orten und zu unterschiedlichen Zeiten insbesondere ausserhalb der Schule) und die Existenz und Qualität der Begleitung von Lernenden ausserhalb von (formalen) Lehr-/Lernsettings durch z. B. Erziehungsberechtigte. Je nach Ausprägung profitieren die einen besonders deutlich, während die anderen entsprechend benachteiligt werden, und so kann die Schere zwischen den unterschiedlichen Gruppen Lernender weiter auseinandergehen. Generell kann eine mangelnde kompetente Begleitung – sowohl innerhalb als auch ausserhalb von Unterricht – dazu führen, dass Fehlinformationen und Biases nicht erkannt und reproduziert werden und dass sich «blindes» Vertrauen ohne angemessenes Hinterfragen insbesondere über eine langfristigen Nutzung verstärkt. So ist ein ausgewogenes Mass an Vertrauen zu entwickeln, um einerseits KI nicht zu stark zu vertrauen und sich zu sehr auf sie zu verlassen (Risiko der Potenzierung von Biases und Reproduktion von Fehlinformationen), aber auch nicht

zu stark zu misstrauen und KI sowie deren Output zu sehr abzulehnen (Risiko der Einschränkung eines effizienten Nutzungsverhaltens). Relevante (Gegen)Massnahmen sind beispielsweise die Integration in soziale Interaktionsprozesse mit menschlichen Lernenden im Sinne kollaborativer Lernaktivitäten sowie ein (gemeinsames) Durchführen von «Faktenchecks» und (leitfadengestützter) kritischer Reflexion der den KI-Systemen zugrunde liegenden Trainingsdaten und -modelle (siehe Faust und Mayweg-Paus 2024). So wird das Zusammenführen mit (individueller) Expertise/Wissen und ein Anstossen kognitiver Elaborationsaktivitäten ermöglicht. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rahmenbedingungen von Lehren und Lernen gelten die zuvor benannten Punkte auch für Lehr-/Lernsettings im Hochschulbereich. Idealerweise würden in schulischen Kontexten erworbene Kompetenzen im Studium weiterentwickelt und ausdifferenziert.

Jenseits dieser individuumsorientierten Perspektive ist im Rahmen von Bildungsprozessen und KI-Technologien eine überindividuelle, gesellschaftliche Perspektive zu thematisieren: Ziel von (Medien)Bildungsprozessen ist und soll sein die aktive und gestaltende Teilhabe an gesellschaftlichen Prozessen, deren Grundbedingungen und (post)digitalen Rahmungen. Die aktuellen Entwicklungen im technologischen Bereich setzen Gesellschaft(en) unter Bedingungen, die geeignet sind, die Handlungsoptionen vorzugeben und zu begrenzen, die Ver- und Bewertungslogiken festzusetzen, ie Gesellschaft und Leben in der Gesellschaft auf nachhaltige Weise zu beeinflussen und zu strukturieren, ohne dass der:die Einzelne sich dem entziehen kann. Zudem ist bekannt, dass diese Bedingungen nicht für alle gesellschaftlichen (Teil)Gruppen dieselben sind, dass spezifische Gruppen bevorteilt oder benachteiligt werden und dass bestehende soziale Ungleichheiten über Technologien bzw. technologische Artefakte (re)produziert werden (vgl. dazu z. B. Marsden et al. 2023). Zudem sind grosse Anteile technologischer Entwicklungen im Bereich IT/KI getrieben von einer letztlich recht kleinen, homogenen Gruppe an Personen im Tech-Bereich (vgl. dazu z. B. John und Carnoy 2019; Noble und Roberts 2019), die damit zugleich Formgeber von Digitalisierung sind. Mit Bezug auf Bildungsprozesse darf die Frage also nicht nur lauten, welche Kompetenzen Einzelne brauchen, um in dieser Variante einer digitalisierten Welt für sich selbst angemessen und reflektiert handeln zu können, soweit ihre Souveränität nicht durch eben jene Strukturen beschränkt wird. Basaler Teil von Bildungsprozessen und damit auch von pädagogischem Handeln muss sein, Heranwachsende zu befähigen, die Logiken der Gesellschaft, in der sie leben, zu erkennen und zu verstehen und sich zu diesen in Bezug zu setzen unter der Zielvorstellung, Gesellschaft zu gestalten, also insbesondere auch kritisch-reflektierend daran mitzuwirken, welche Technologien in welcher Form Strukturen so tiefgreifend prägen und rahmen bzw. dies dürfen und/oder sollen. Dies integriert, Digitalisierung in einem angemessen informierten, gesellschaftlichen Diskurs

auszuhandeln ebenso wie die Basis und den Rahmen für die Gestaltung von Technologien und KI-Systemen auszugestalten, die sozialverantwortlich und für alle Menschen nutzbringend sind.

5. Implikationen für die Ausbildung von Produzent:innen als Formgeber:innen von Digitalisierung

Wurde bisher insbesondere die Perspektive von potenziellen Anwender:innen sowie deren Lern- und Bildungsprozessen thematisiert, soll nun auf die Seite der Produzent:innen geblickt werden. Diese sind einerseits ebenfalls Anwender:innen und potenziell Betroffene des KI-Einsatzes Dritter (s. oben), andererseits Gestalter:innen von Produkten, die Digitalisierungsprozessen eine konkrete Form geben. Wie schon eingangs formuliert: Menschen entwickeln technologische Artefakte, und in diese Artefakte sind die normativen Vorstellungen eben dieser Menschen über Menschen eingeschrieben. Um diesen Missstand zu überwinden und qualitativ hochwertige sowie sozial verantwortliche Technologien und Produkte zu entwickeln, müssen deren Entwicklungszusammenhänge verändert werden. Ein grundlegend wichtiger Bereich ist diesbezüglich die Ausbildung zukünftiger Gestalter:innen von KI-basierten Systemen, z. B. in informatischen Studiengängen. Um der Rolle Rechnung zu tragen, die entsprechende Systeme in der Gesellschaft spielen, muss auch die Qualifizierung in Richtung sozialverantwortlicher Technikentwicklung weit über die Vermittlung von fachlicher insbesondere technischer Kompetenz hinausgehen (Mucha et al. 2022; 2021). Es gilt, in die Ausbildung gezielt Inhalte wie u. a. die folgenden zu integrieren:

- Theoretische Ansätze zur Nicht-Neutralität von informatischen Artefakten wie beispielsweise der Ansatz des Genderskripts (z. B. Oudshoorn et al. 2016; 2004) hinsichtlich der Vergeschlechtlichung von Artefakten
- Ansätze zur Gestaltung von Prozessen und Praktiken in Softwareentwicklungsteams, die der Perpetuierung von Ausschlüssen entgegenwirken (s. dazu z. B. Holtzblatt und Marsden 2022) wie z. B. «Bias Interrupters» (Williams und Mihaylo 2019)
- Ansätze, die Anwender:innen in den Fokus nehmen wie der Ansatz der menschzentrierten (Interaktions)Gestaltung und Ansätze wie «Universelles Design» und «Gender Equality by Design» (Bohnet 2016)
- Ansätze und Modelle zur diversitätssensiblen Gestaltung von Softwareentwicklungsprozessen wie beispielsweise das GERD-Modell («Gender-Extended Research and Development» Model)

- Sensibilisierung hinsichtlich der Relevanz und Qualität von Daten für die Leistung von KI-Systemen sowie Kenntnisse zu diesbezüglichen Problemen (z. B. Gender Data Gap) und Ansätzen wie «Framework for Dataset Accountability» (Khan und Hanna 2023)
- Sensibilisierung für Diversitätsaspekte und gesellschaftliche Verantwortung, Technikfolgen sowie (Re)Produktion bestehender sozialer Ungleichheiten durch Technik

So sollen Studierende insbesondere der Informatik umfassend dahingehend qualifiziert werden, ihrer Verantwortung im Softwareentwicklungsprozess gerecht zu werden und faire sowie nutzer:innenzentrierte Produkte zu gestalten. Zukünftige Entwickler:innen haben im Rahmen der Ko-Konstruktion von Technik und Gesellschaft eine wichtige Funktion hinsichtlich der Generierung von Fairness und Chancengerechtigkeit in der Gesellschaft sowie der Vermeidung von Diskriminierung.

> «Nur wenn Studierende einerseits ihre Verantwortung verstehen und andererseits die Kompetenzen hinsichtlich der nötigen Praktiken und Methoden für die Gestaltung nicht-diskriminierender Software aufgebaut haben, können sie mögliche Kreisläufe der Diskriminierung durchbrechen […] und den Softwareentwicklungsprozess nutzer:innenzentriert sowie verantwortungsvoll gestalten» (Marsden und Raudonat 2022, 15; vgl. auch Raudonat et al. 2022).

So können sie als Formgeber:innen von Digitalisierungsprozessen daran mitwirken, dass Digitalisierung möglichst sozial verantwortlich ist und Exklusionsdynamiken reduziert statt fortsetzt oder verstärkt werden. Relevant sind in diesem Kontext auch weitere Gruppen, die hier nicht explizit benannt sind, beispielsweise die Entscheider:innen in Unternehmen und Institutionen oder die Gesetzgeber:innen. Umso bedeutsamer ist es, vor dem Hintergrund sich beständig wandelnder KI-Tools eine KI-technologiebezogene Metakompetenz zu thematisieren und an zentralen Stellen in Bildungskontexten zu etablieren. Die technologischen Entwicklungen verändern nicht die übergeordneten Ziele von (Medien)Bildungsprozessen – Wege und Inhalte müssen aber mit den Entwicklungen Schritt halten, um weiter zu ermöglichen, dass Menschen die gesellschaftlichen Verhältnisse hinterfragen, sich in und zu diesen positionieren können und an Gesellschaft sowie deren Gestaltung teilhaben.

6. Abschlussbemerkung

Abschliessend wollen wir dafür plädieren, im Fluss der Technologien mit etwas Gelassenheit auf die jeweils aktuellen Entwicklungen zu blicken und sich konsequent systematisch anzunähern, statt in einen eiligen Reaktionsmodus zu verfallen. Es

gilt, Chancen ebenso wie Risiken zu analysieren und zu bewerten, Kritik auch als positiv-konstruktive zu begreifen, Neues in bestehende Zugänge zu integrieren, diversitätssensible und machtkritische Perspektiven mitzudenken und den Einbezug unterschiedlicher, insbesondere auch marginalisierter Personengruppen und deren Perspektiven sicherzustellen.

Gerade Metakompetenzen sind vor diesem Hintergrund wichtige Faktoren, um sozusagen durch die und mit den Strömungen zu navigieren. So erscheinen technologiebasierte (Weiter)Entwicklungen jeweils in Gestalt von z. B. neuen Tools wie ChatGPT. Diese sind Teil der Bedingungen, unter denen wir handeln, ebenso wie die (digitalen und kulturellen) Strukturen, die sich darin manifestieren. Für unsere Perspektive in diesem Beitrag denken wir den relationalen Subjektbegriff mit – betrachten ihn sozusagen pragmatisch und stellen zur Diskussion, was ein starkes Subjekt unter der Annahme des Relationalen sein kann. Dies wäre nicht das klassische souveräne Subjekt, aber eines, das sich nicht als handlungsohnmächtig begreift und sich dem Digitalen einfach hingibt. Ein Subjekt, das die Lebenswelt und deren bedingende Faktoren sowie die eigene Rolle versteht und die Grenzen der eigenen Mündigkeit anerkennt. Ein Subjekt, das sich in Beziehung setzt und sich positioniert. Dies wäre ein «starkes» Subjekt, weil es die durch es selbst nicht beherrschbaren Anteile kritisch-konstruktiv reflektieren kann. Ein solches Subjekt kann zu einem kompetent handelnden werden und es ist zu diskutieren, ob Kompetenzen hier als Schnittstelle dienen können – auch um in pädagogischen Settings zielorientiert und handlungsfähig sein zu können. Auch dieses kompetent handelnde Subjekt mag stets dem System unterworfen sein, aber es kann relational dazu handeln und daran mitwirken diesem eine Form zu geben.

Literatur

Aljazzaf, Zainab M., Mark Perry, und Miriam A.M. Capretz. 2010. «Online trust: Definition and principles». *Fifth International Multi-conference on Computing in the Global Information Technology*: 163–68. IEEE.

Bailin, Sharon. 2002. «Critical Thinking and Science Education». *Science & Education*, 11, 4: 361–75. https://doi.org/10.1023/A:1016042608621.

Bath, Corinna. 2009. *De-Gendering informatischer Artefakte: Grundlagen einer kritisch-feministischen Technikgestaltung*. Staats- und Universitätsbibliothek Bremen.

Berendt, Bettina, Allison Littlejohn und Mike Blakemore. 2020. «AI in education: learner choice and fundamental rights». *Learning, Media and Technology* 45, 3: 312–24, https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1786399.

bidt (Bayrisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation). 2023. «Was ist eigentlich … ChatGPT?». https://www.bidt.digital/was-ist-eigentlich-chatgpt.

Bohnet, Iris. 2016. *What works: Gender equality by design*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Brandhofer, Gerhard, und Christian Wiesner 2018. «Medienbildung im Kontext der Digitalisierung: Ein integratives Modell für digitale Kompetenzen. » *R&E Source* 10 (10/2018): 1–15.

Bromme, Rainer, E. Thomm, und V. Wolf. 2013. «Scientific understanding: from a cognitive disposition to knowledge about science in the real world». Manuscript submitted for publication.

Bromme, Rainer, und Susan R. Goldman. 2014. «The Public's Bounded Understanding of Science». *Educational Psychologist* 49 (2): 59–69. https://doi.org/10.1080/00461520.2014.921572.

Byrnes, James P., und Kevin N. Dunbar. 2014. «The Nature and Development of Critical Analytic Thinking». *Educational Psychology Review* 26 (4): 477–93. https://doi.org/10.1007/s10648-014-9284-0.

Casal-Otero, Lorena, Alejandro Catala, Carmen Fernández-Morante, Maria Taboada, Beatriz Cebreiro, und Senén Barro. 2023. «AI literacy in K-12: a systematic literature review». *International Journal of STEM Education* 10 (1): 29.

Csanadi, Andras, Ingo Kollar, und Frank Fischer. 2020. «Pre-service teachers' evidence-based reasoning during pedagogical problem-solving: better together?». *European Journal of Psychology of Education* 36 (1): 147–68. https://doi.org/10.1007/s10212-020-00467-4.

Doleck, Tenzin, Paul Bazelais, David John Lemay, Anoop Saxena, Ram Basnet. 2017. «Algorithmic thinking, cooperativity, creativity, critical thinking, and problem solving: exploring the relationship between computational thinking skills and academic performance». *Journal of Computers in Education* 4: 1–15.

Draude, Claude .2001. «Introducing Cyberfeminism». *Nylon* 2001 (3): 22–24.

Draude, Claude. 2020. … but how do you formalize it? – Gender Studies als konstruktive Intervention in der Informatik. In *Gender (&) Design – Positionen zur Vergeschlechtlichung in Gestaltungskulturen*, herausgegeben von Tom Bieling, 179–95. Sesto San Giovanni: Mimesis International.

Dzindolet, Mary T., Scott A. Peterson, Regina A. Pomranky, Linda G. Pierce, und Hall P. Beck. 2003. «The role of trust in automation reliance». *International journal of human-computer studies* 58 (6): 697–718.

Eickelmann, Birgit, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, und Jan Vahrenhold, Hrsg. 2019. *ICILS 2018.#Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster, New York: Waxmann.

Engel, Juliane, Elisabeth Mayweg, und Anna Carnap. 2022. «Postdigital Bedingte Souveränität: Zum Wandel Von Handlungsmächtigkeit Aus Erziehungswissenschaftlicher Perspektive». *merz | medien + erziehung* 66 (6): 13-26. https://doi.org/10.21240/merz/2022.6.2.

Ennis, Robert. 1991. «Critical Thinking: A Streamlined Conception». *Teaching Philosophy* 14, 1: 5–24. https://doi.org/10.5840/teachphil19911412.

Europäische Kommission. 2018. «Künstliche Intelligenz für Europa». https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM%3A2018%3A237%3AFIN.

Europäische Kommission. 2018. «Koordinierter Plan für künstliche Intelligenz». https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM%3A2018%3A795%3AFIN.

Europäische Kommission. 2021. «Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz (Gesetz über künstliche Intelligenz) und zur Änderung bestimmter Rechtsakte der Union». https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0206&from=EN.

Faust, Anna, und Elisabeth Mayweg-Paus. 2024. Empowering Tomorrow's Minds: A Comprehensive Framework for Teaching Non-Technical Students to Think Critically about AI. In *Artificial Intelligence Applications in Higher Education. Theories, Ethics, and Case Studies for Universities,* herausgegeben von Helen Crompton und Diane Burke. New York/London: Routledge Taylor & Francis Group.

Felton, Mark, und Deanna Kuhn. 2001. «The Development of Argumentative Discourse Skill». *Discourse Processes* 32 (2–3): 135–53.

Fisher, Alec .2011. *Critical Thinking: An Introduction*. Cambridge:Cambridge University Press.

Fook, Jan, Val Collington, Fiona Ross, Gilian Ruch und Linden West. 2016. *Researching Critical Reflection. Multidisciplinary Perspectives*. London, New York: Routledge.

Fritsch, Katrin, und Helene von Schwichow. 2021. «Künstliche Intelligenz und Feminismus: Aktuelle Debatten. Eine Expertise im Rahmen des Projekts KI Thinktank Female Entrepreneurship (KITE)». https://www.kite-bga.de/expertisen/.

Fulkerson, Diane, Susan Andriette Ariew, und Trudi Jacobson. 2017. «Revisiting Metacognition and Metaliteracy in the ACRL Framework». *Communications in Information Literacy* 11 (1). https://doi.org/10.15760/comminfolit.2017.11.1.45.

Gajjala, Radhika, und Annapurna Mamidipudi. 1999. «Cyberfeminism, Technology, and International ‹Development›». *Gender and Development* 7 (2): 8–16. https://doi.org/ https://doi.org/10.1080/74192312210.1080/741923122.

Glikson, Ella, und Anita Williams Woolley. 2020. «Human trust in artificial intelligence: Review of empirical research». *Academy of Management Annals* 14 (2): 627–60.

Halpern, Diane F. 1998. «Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring». *American psychologist* 53 (4): 449–55. https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.4.449.

Hendriks, Friederike, Dorothe Kienhues, und Rainer Bromme. 2015. «Measuring Laypeople's Trust in Experts in a Digital Age: The Muenster Epistemic Trustworthiness Inventory (METI)». *PLOS ONE* 10. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139309.

Hengstler, Monika, Ellen Enkel, und Selina Duelli. 2016. «Applied artificial intelligence and trust The case of autonomous vehicles and medical assistance devices». *Technological Forecasting and Social Change* 105: 105–20.

Hester, Helen. 2018. *Xenofeminism*. Cambridge: Polity Press.

Hoff, Kevin Anthony, und Masooda Bashir. 2015. «Trust in automation: Integrating empirical evidence on factors that influence trust». *Human factors* 57 (3): 407–34.

Holtzblatt, Karen, und Nicola Marsden. 2022. *Retaining Women in Tech – Shifting the Paradigm*. Berlin: Springer.

Hornberger, Marie, Arne Bewersdorff und Claudia Nerdel. 2023. «What do university students know about Artificial Intelligence? Development and validation of an AI literacy test». *Computers and Education: Artificial Intelligence* 5, 2023: 100165.

Hyytinen, Heidi, Katariina Holma, Auli Toom, Richard J. Shavelson, und Sari Lindblom-Ylanne. 2014. «The Complex Relationship between Students' Critical Thinking and Epistemological Beliefs in the Context of Problem Solving». *Frontline Learning Research* 2 (5): 1–25.

IEA. 2016. The IEA's International Computer and Information Literacy Study (ICILS) 2018. «What's next for IEA's ICILS in 2018?». TC, 2017, 23 (1) 61.

John, June Park und Martin Carnoy. 2019. «The case of computer science education, employment, gender, and race/ethnicity in Silicon Valley, 1980–2015». *Journal of Education and Work* 32 (5): 421–35. https://doi.org/10.1080/13639080.2019.1679728.

Jones, Helen S., und Wendy Moncur. 2018. «The role of psychology in understanding online trust». In *Psychological and Behavioral Examinations in Cyber Security*, herausgegeben von John McAlaney, Lara A. Frumkin und Vladlena Benson 109–32. New York: IGI Global:

Jörissen, Benjamin. 2017. Subjektivation und «ästhetische Freiheit» in der post-digitalen Kultur. In *Kulturelle Bildung online.* https://doi.org/10.25529/92552.421

Jucks, Regina, und Elisabeth Paus. 2013. «Different Words for the Same Concept: Learning Collaboratively From Multiple Documents». *Cognition and Instruction* 31 (2): 227–54. https://doi.org/10.1080/07370008.2013.769993.

Kaplan, Alexandra, Theresa T. Kessler, J. Christopher Brill, und Peter A. Hancock. 2023. «Trust in Artificial Intelligence: Meta- Analytic Findings». *Human factors* 65 (2): 337–59. https://doi.org/10.1177/00187208211013988.

Katai, Zoltan. 2015. «The challenge of promoting algorithmic thinking of both sciences- and humanities-oriented learners». *Journal of Computer Assisted Learning* 31, 4: 287–99. https://doi.org/10.1111/jcal.12070.

Kaur, Davinder, Suleyman Uslu, Kaley J. Rittichier, und Arjan Durresi. 2022. «Trustworthy artificial intelligence: a review». *ACM Computing Surveys* (CSUR) 55 (2): 1–38.

Kerres, Michael. 2020. «Bildung in der digitalen Welt: Über Wirkungsannahmen und die soziale Konstruktion des Digitalen». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 17 (Jahrbuch Medienpädagogik): 1–32. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.24.X.

Khan, Methab und Alex Hanna. 2023. «The Subjects and Stages of AI Dataset Development: A Framework for Dataset Accountability». Forthcoming 19 Ohio St. Tech. L. J. https://doi.org/10.2139/ssrn.4217148.

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister in der Bundesrepublik Deutschland. 2021. «Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Ergänzung zur Strategie der Umgang mit Online-Informationen an der Hochschule 131 Kultusministerkonferenz ‹Bildung in der digitalen Welt› (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021)» https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf.

Köchling, Alina und Marius Claus Wehner. 2020. «Discriminated by an algorithm: A systematic review of discrimination and fairness by algorithmic decision-making in the context of HR recruitment and HR development». *Business Research* 13 (3): 795–848. https://doi.org/10.1007/s40685- 020-00134-w.

Kuhn, Deanna. 1999. «A Developmental Model of Critical Thinking». *Educational Researcher* 28 (2): 16–46. https://doi.org/10.3102/0013189X028002016.

Kuhn, Deanna. 2016. «What Do Young Science Students Need to Learn About Variables?» *Science Education* 100 (2): 392–403. https://doi.org/10.1002/sce.21207.

Kundi, Bushra, Christo El Morra, Rachel Gormana, und Ena Dua. 2022. Artificial Intelligence and Bias: A Scoping Review. *In AI and Society*, herausgegeben von Christo El Morr, 199–215. https://doi.org/10.1201/9781003261247-15.

Lai, Emily R. 2011. «Critical thinking: A literature review». *Pearson's Research Report* 6: 40–41.

Langer, Markus, Cornelius J. König, Caroline Back, und Victoria Hemsing. 2023. «Trust in Artificial Intelligence: Comparing trust processes between human and automated trustees in light of unfair bias». *Journal of Business and Psychology* 38 (3): 493–508.

Laupichler, Matthias Carl, Alexandra Aster, Jana Schirch, und Tobias Raupach. 2022. «Artificial intelligence literacy in higher and adult education: A scoping literature review». *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3, 2022. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100101.

Long, Duri, und Brian Magerko .2020. «What is AI literacy? Competencies and design considerations». In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*: 1–16.

Lucassen, Teun, und Jan Maarten Schraagen. 2011. «Factual accuracy and trust in information: The role of expertise». *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62, 7: 1232–1242.

Marsden, Nicola, und Raudonat, Kerstin. 2022. Nutzer:innenzentrierung und Verantwortung im Softwareentwicklungsprozess. In *Anwendungsorientierte Hochschullehre zu Künstlicher Intelligenz,* herausgegeben von Dana-Kristin Mah und Cordula Torner, 14–22. Berlin: KI-Campus.

Marsden, Nicola, Kerstin Raudonat, und Monika Pröbster. 2023. «Kreislauf der Diskriminierung – Gesellschaftliche Biases und Diskriminierung in IT-Systemen als wiederkehrender Kreislauf der (Re)Produktion sozialer Ungleichheiten». *Frauen machen Informatik.* Magazin der GI-Fachgruppe Frauen in der Informatik 47 (September): 1–24.

Mayweg-Paus, Elisabeth, Maria Zimmermann. 2022. Kritisches Denken beim Umgang mit Online-Informationen an der Hochschule. In *Critical Thinking. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2021,* hrsg v. Harald A. Mieg und Frank Havemann. Wissenschaftlicher Verlag Berlin.

Millar, Robin, und Jonathan Osborne. 1998. *Beyond 2000: Science Education for the Future: The Report of a Seminar Series Funded by the Nuffield Foundation*.London: King's College.

Mishra, Ayaskanta, Amitkumar V. Jha, Bhargav Appasani, Arun Kumar Ray, Deepak Kumar Gupta, und Abu Nasar Ghazali. 2023. «Emerging technologies and design aspects of next generation cyber physical system with a smart city application perspective». *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 14, 3: 699–721.

Mucha, Henrik, Ana Correia de Barros, Jesse Josua Benjamin, Christoph Benzmüller, Andreas Bischof, Sandra Buchmüller, … Arne Berger. 2022. «Collaborative Speculations on Future Themes for Participatory Design in Germany». *icom* 21, 2. https://doi.org/10.1515/icom-2021-0030.

Mucha, Henrik, Franziska Maas, Claude Draude, Julia Stilke, Juliane Jarke, Andreas Bischof, … Susanne Maaß. 2021. «Partizipative & sozialverantwortliche Technikentwicklung». *Mensch und Computer*. Gesellschaft für Informatik. https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/37337.

Naess, Arne. 1966. *Communication and Argument Elements of Applied Semantics*. Oslo: Universitätsforlaget.

Nass, Clifford, Jonathan Steuer, und Ellen R. Tauber. 1994. «Computers are social actors». *CHI ,94: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston, MA, USA: 72–78.

Netzforma e.V. 2020. *Wenn KI, dann feministisch*. Berlin.

Newton, Paul, Rosalind Driver, und Jonathan Osborne. 1999. «The place of argumentation in the pedagogy of school science». *International Journal of Science Education* 21 (5): 553–76. https://doi.org/10.1080/095006999290570.

Ng, Davy Tsz Kit, Jac Ka Lok Leung, Samuel Kai Wah Chu, und Maggie ShenQiao. 2021. «Conceptualizing AI literacy: An exploratory review». *Computers and Education: Artificial Intelligence* 2, 100041.

Noble, Safiya, und Roberts, Sarah. 2019. *Technological Elites, the Meritocracy, and Postracial Myths in Silicon Valley*. Durham: Duke University Press.

Orwat, Carsten. 2019. *Diskriminierungsrisiken durch Verwendung von Algorithmen*. https://www.antidiskriminierungsstelle.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/Expertisen/studie_diskriminierungsrisiken_durch_verwendung_von_algorithmen.html?nn=6569158.

Oudshoorn, Nelly, Louis Neven, und Marcelle Stienstra. 2016. «How diversity gets lost: Age and gender in design practices of information and communication technologies». *Journal of Women & Aging* 28 (2): 170–85.

Oudshoorn, Nelly, Els Rommes, und Marcelle Stienstra. 2004. «Configuring the User as Everybody: Gender and Design Cultures in Information and Communication Technologies». *Science, Technology & Human Values* 29 (1): 30–63. https://doi.org/10.1177/0162243903259190.

Parasuraman, Raja, und Dietrich H. Manzey. 2010. «Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration». *Human factors* 52 (3): 381–410.

Paus, Elisabeth, und Regina Jucks. 2012. «Common Ground? How the Encoding of Specialist Vocabulary Affects Peer-to-Peer Online Discourse». *Discourse Processes* 49, 7: 565–598. https://doi.org/10.1080/0163853X.2012.711671.

Peter, Ulrike. 2001. «Bildungsaspekte im Cyberfeminism». Abgerufen am 11.02.2022. http://fiff.informatik.uni-bremen.de/2001/html/AG10-peter.pdf (Dokument nicht mehr verfügbar).

Raudonat, Kerstin, Monika Pröbster, Kai Schmieder, Simone Martinetz, und Nicola Marsden. 2022. «Where bias can creep in – Gendersensibilität beim Einsatz von KI-Technologien im Kontext beruflicher Weiterbildung im Forschungsprojekt KIRA». *INFORMATIK* 2022, 683–692. https://doi.org/10.18420/inf2022_54.

Reißmann, Wolfgang, und Patrick Bettinger, Hrsg. 2022. *Digitalität und Souveränität. Braucht es neue Leitbilder der Medienpädagogik?* merz | medien + erziehung, merzWissenschaft. https://doi.org/10.21240/merz/2022.6.

Rudin, Cynthia. 2019. «Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead». *Nature Machine Intelligence* 1 (5): 206–15. https://doi.org/10.1038/s42256-019-0048-x.

Ruwe, Theresa und Elisabeth Mayweg-Paus (2023). «Your Argumentation is Good, says the AI vs. Humans – The Role of Feedback Providers and Personalized Language for Feedback Effectiveness». *Computers & Education: Artificial Intelligence* 5. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100189.

Ruwe, Theresa, und Elisabeth Mayweg-Paus, E. 2024. «Embracing AI feedback: The role of feedback providers and meta-information for feedback effectiveness». *Frontiers in Education* 9. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1461362

Scriven, Michael, und Richard Paul. 1987. «Defining Critical Thinking». *8th Annual International Conference on Critical Thinking and Education Reform*.

Shin, Donghee. 2020. «User perceptions of algorithmic decisions in the personalized AI system: Perceptual evaluation of fairness, accountability, transparency, and explainability». *Journal of Broadcasting & Electronic Media* 64 (4): 541–565.

Sillence, Elizabeth, Pam Briggs, Peter Harris, und Lesley Fishwick. 2006. «A framework for understanding trust factors in web-based health advice». *International Journal of Human-computer studies* 64 (8): 697–713.

Stoltenhoff, Ann-Kathrin, und Kerstin Raudonat. 2016. «Medienpädagogik im Spannungsfeld der (Re)Produktion heteronormativer Machtstrukturen und emanzipatorischer Bildungsideale – Eine poststrukturalistische Perspektive». [Macht, Souveränität, Herrschaft] *MEDIENIMPULSE* 4. https://doi.org/10.21243/mi-04-16-03.

Swiecki, Zachari, Hassan Khosravi, Guanliang Chen, Roberto Martinez-Maldonado, Jason M. Lodge, Sandra Milligan, … und Dragan Gašević. 2022. «Assessment in the age of artificial intelligence». *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3, 100075.

Thiebach, Monja, Mayweg-Paus, Elisabeth, Regina Jucks. 2016. «Better to Agree or Disagree? The Role of Critical Questioning and Elaboration in Argumentative Discourse». *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 30 (2–3): 133–49. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000174.

Vuorikari, Riina, Stefano Kluzer, und Yves Punie. 2022. «DigComp 2.2, The Digital Competence framework for citizens – With new examples of knowledge, skills and attitudes». *Publications Office of the European Union*. https://doi.org/10.2760/115376.

Wachter-Boettcher, Sara. 2017. *Technically wrong: sexist apps, biased algorithms, and other threats of toxic tech*. New York: WW Norton & Company.

Wajcman, Judy. 2009. «Feminist theories of technology». *Cambridge journal of economics* 34, 1: 143–152.

Waltl, Bernhard. 2019. Erklärbarkeit und Transparenz im Machine Learning. In *Philosophisches Handbuch Künstliche Intelligenz*, herausgegeben von Klaus Mainzer, 1–23. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23715-8_31-1.

Williams, Joan C., und Sky Mihaylo. 2019. «How the Best Bosses Interrupt Bias on Their Teams». *Harvard Business Review* (Nov./Dec.).

Willingham, Daniel. 2007. «Critical thinking: Why is it so hard to teach?» *American Educator*: 8–19.

Zimmermann, Maria, und Elisabeth Mayweg-Paus. 2021. «The role of collaborative argumentation in future teachers' selection of online information». *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*: 1–14. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000307.