

Thomas Damberger ist Professor für *Bildungs- und Erziehungswissenschaften im Kontext der Digitalisierung* an der Freien Hochschule Stuttgart. Er studierte Pädagogik und Philosophie an der TU Darmstadt und promovierte 2012 mit einer kritischen Analyse pädagogischer und technologischer Versuche der Menschenverbesserung. Die Habilitation zum Thema *Bildung im Digitalzeitalter* erfolgte 2019 an der Univ. Magdeburg. Zwischen 2016 und 2022 war er Vertretungs- und Gastprof. an Universitäten und Hochschulen in Frankfurt, Wien, Linz, Lüneburg und Marburg. Kontakt: damberger@freie-hochschule-stuttgart.de; <https://www.damberger.org>

Thomas Damberger

Künstliche Intelligenz

1. Zur Geschichte der Intelligenz

Der Begriff Intelligenz hat in den letzten anderthalb Jahrhunderten eine bemerkenswerte Entwicklung erfahren. Schlägt man in der achten Auflage der Brockhaus-Enzyklopädie aus dem Jahr 1834 den Begriff *Intelligenz* nach, so kann man folgende Passage lesen: „Intelligenz bezeichnet ursprünglich die Vernunftseinsicht oder die Verständigkeit, Vernünftigkeit, dann das Vernunftwesen selbst, d. h. ein Wesen, welches sich durch die Vernunft bestimmt. Der Mensch ist Intelligenz in dem Bewußtsein, daß er, unabhängig von den sinnlichen Eindrücken der Lust und Unlust, seinen Willen bestimmen und nach Wahrheit streben kann, und hierdurch ist er in eine höhere Ordnung der Dinge gesetzt, als die der Sinnenwelt ist.“ (Brockhaus, 1834, S. 567 f.).¹ Intelligenz wird hier explizit mit Vernunft, mit Einsicht und Verständigkeit, dem Willen und dem Streben nach Wahrheit in Verbindung gebracht.

In der aktuellen psychologischen Fachliteratur wird Intelligenz hingegen allgemein als „theoretisches Konstrukt“ bezeichnet, „das die geistige Leistungsfähigkeit einer Person charakterisiert“ (Maderthaler, 2021, S. 280). Der US-amerikanische Psychologe John R. Anderson erinnert in seinem Lehrbuch zur Kognitiven Psychologie, dass Intelligenz nicht eindimensional verstanden werden dürfe, sondern vielmehr einen individuellen kognitiven Leistungskomplex beschreibe (vgl. Anderson, 1996, S. 427). Diese Hinweise sind in zweierlei Hinsicht aufschlussreich. Zum einen verdeutlichen sie, dass es im Falle des derzeit vorherrschenden Verständnisses von Intelligenz nicht mehr um das im wahrsten Sinne des Wortes *willkürliche* Streben nach Wahrheit geht, auch nicht um Vernunft, sondern vor allen Dingen um Kognitionsprozesse. Zum anderen scheint mit der Intelligenz eine gewisse Unschärfe einherzugehen.² Maderthaler verwendet explizit die Bezeichnung „theoretisches Konstrukt“. Der *dtv-Atlas zur Psychologie* spricht gar von einer „Gabe“, durch die der eine geistig höher steht als der andere“ (Benesch, 1992, S. 193). Um so verwunderlicher ist es, dass seit Anfang des 20. Jahrhunderts Intelligenzmessungen vorgenommen werden. Es stellt sich die Frage, wie es möglich sein soll, ein theoretisches Konstrukt psychometrisch zu erfassen? Was also hat es mit der natürlichen Intelligenz auf sich?

Um dies zu verstehen, müssen wir gedanklich ins späte 19. Jahrhundert reisen. Der britische Naturforscher Francis Galton (1822 – 1911) bemühte sich, im Rahmen von empirischen Studien nachzuweisen, dass es in bestimmten Familien auffallend häufig erfolgreiche, begabte Menschen gibt. Er entwickelte im Zuge dessen die Theorie, dass spezifische mentale Anlagen vererbt werden und unter günstigen Voraussetzungen zur Entfaltung gelangen können. Und mehr noch: Er ging davon aus, dass die mentalen Fähigkeiten eines Menschen in einem direkten Zusammenhang mit sensorischen und motorischen Funktionen stehen. Indem man die Sinnesfunktionen und Reaktionszeiten zu erfassen sucht, sei es möglich, die vererbten mentalen Anlagen zu quantifizieren. Galton hat dementsprechend bereits im ausgehenden 19. Jahrhundert statistische Erhebungen angestellt, die man als Vorläufer der späteren Intelligenztests deuten

¹ Ganz ähnlich wird Intelligenz noch 1890 in der vierten Auflage des Konversations-Lexikons von Meyers beschrieben. Dort heißt es: „Intelligenz (lat.), Verständnis, Einsicht, Erkenntnis, besonders eine solche, welche von der sinnlichen Wahrnehmung nicht unmittelbar abhängig oder auf sie beschränkt ist, also die verständige und vernünftige Erkenntnis; dann das Vermögen, endlich ein Wesen, welches mit diesem Vermögen begabt ist, also der Mensch im Gegensatz zum Tier.“ (Meyers Konversations-Lexikon, 1890, S. 993)

² Sichtbar wird die Unschärfe nicht zuletzt auch im Rahmen einer Definition des Begriffs Intelligenz, auf die sich 52 führende Intelligenzforscher aus dem anglo-amerikanischen Raum geeinigt haben und die nachzulesen ist in Detlef H. Rosts *Handbuch Intelligenz*: „Intelligenz ist ein sehr allgemeines geistiges Potential, das u. a. die Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken, zum Planen, zur Problemlösung, zum abstrakten Denken, zum Verständnis komplexer Ideen, zum schnellen Lernen und zum Lernen aus Erfahrung umfasst.“ (2013, S. 35).

kann.

Die tatsächlichen Intelligenztests verdanken wir dem Franzosen Alfred Binets (1857 – 1911): Binet studierte zunächst Jura, später dann Medizin und interessierte sich insbesondere für Psychologie. Im Jahr 1882 wurde in Frankreich die allgemeine Schulpflicht für Kinder im Alter von 6 bis 13 Jahren eingeführt. 1904 wurde Binet, der zu diesem Zeitpunkt am *Laboratoire de Psychologie Physiologique der École normale supérieure in Paris* arbeitete, gebeten, Methoden zu entwickeln, mit deren Hilfe es möglich sei, das Lernpotential von Kindern zu beurteilen. Der Hintergrund dieses Auftrages bestand darin, herauszufinden, welche Kinder aufgrund von Lernschwierigkeiten auf besonderen Förderbedarf angewiesen sind.

Zusammen mit seinem Mitarbeiter Théodore Simon (1873 – 1961) konzipierte Binet einen Intelligenztest, der zwischen 1905 und 1911 kontinuierlich weiterentwickelt wurde. Dieser sogenannte Binet-Simon-Test richtete sich an Kinder im Alter von 3 bis 15 Jahren und bestand aus insgesamt 30 Aufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad. Ausgehend vom Binet-Simon-Test wurde nach 1911 von William Stern (1871 – 1938) das Konzept des Intelligenzquotienten (IQ) entwickelt (vgl. Pietschnig, 2021, S. 70 ff.). Das Konzept basiert auf der Unterscheidung von Intelligenzalter und Lebensalter. Legt man beispielsweise einen Test mit Aufgaben zugrunde, die durchschnittlich von Kindern im Alter von 10 Jahren gelöst werden können, so lautet das Intelligenzalter 10. Angenommen, ein Mädchen im Alter von 8 Jahren kann diese Aufgaben bereits lösen, dann ergibt sich daraus folgende Formel, mit deren Hilfe man den IQ dieses Mädchens ermitteln kann:

$$IQ = \frac{\text{Intelligenzalter}}{\text{Lebensalter}} \times 100 \quad \text{also} \quad \frac{10}{8} \times 100 = 125$$

Die von Stern entwickelte Formel wurde nach und nach durch zusätzliche Werte (Mittelwert, Standardabweichung etc.) erweitert, was nicht zuletzt deswegen nötig war, weil Wissenschaftler ein zunehmend differenzierteres Bild zum Thema Intelligenz entwickeln konnten. Heute spricht man von verschiedenen Formen bzw. Dimensionen von Intelligenz, womit wir wieder bei dem von Maderthaner bezeichneten theoretischen Konstrukt sind.

Charles Edward Späerman (1863 – 1945) arbeitete heraus, dass es neben der generellen Intelligenz (g-Faktor) auch spezifische Intelligenzformen (s-Faktoren) gibt und forderte, dass beide Faktoren im Rahmen eines Intelligenztests berücksichtigt werden sollten. Louis Leon Thurstone (1887 – 1955) ging davon aus, dass es nicht den *einen* generellen Intelligenzfaktor gibt, sondern Intelligenz aus mindestens sieben Primärfaktoren bestehe. Raymond Bernhard Cattell (1905 – 1998) wusste eine kristalline von einer fluiden Intelligenz zu unterscheiden. Der Erziehungswissenschaftler und Psychologe Howard E. Gardner stellte in den 1980er Jahren seine Theorie der multiplen Intelligenz vor, der zufolge Intelligenz aus mehreren, voneinander unabhängigen Faktoren bestehe (z. B. logisch-mathematische, sprachliche, musikalische, interpersonelle etc. Intelligenz).

Wenn tatsächlich mehrere Konzepte von Intelligenz existieren, wenn also die natürliche Intelligenz tatsächlich ein theoretisches, mehrdimensionales Konstrukt ist, macht Psychometrie nur dann Sinn, wenn es dementsprechend auch verschiedene Intelligenztests gibt und wenn diese so ausgewählt werden, dass ein umfassendes Messergebnis gemäß des jeweils vorherrschenden Konstrukts möglich wird.

Im Jahr 1908 kam der US-amerikanische Psychologe Henry H. Goddard (1866 – 1957) im Rahmen einer Europareise mit dem Binet-Simon-Test in Berührung. Er nahm ihn mit in die USA, übersetzte und publizierte ihn. Lewis M. Terman (1877 – 1956), ein Pionier der Pädagogischen Psychologie, entwickelte im Zuge dessen an der *Stanford School of Education* den Binet-Simon-Test weiter und gab ihm den Namen Stanford-Binet-Test. Sowohl Goddard als auch Terman ging es allerdings nicht um den Förderbedarf, sondern um das gezielte Selektieren von Kindern mit hoher Intelligenz. Terman veröffentlichte bereits 1906 eine Dissertation mit dem Titel *Genius and Stupidity: A Study of some of the Intellectual Processes of Seven "Bright" and*

Seven "Stupid" Boys (Terman, 1906). In dieser Arbeit ging Terman davon aus, dass Kinder mit besonders hoher Intelligenz eine ausgezeichnete Förderung z. B. durch hoch-qualifizierte Lehrkräfte erhalten sollten. Auch sollte man ihnen Möglichkeiten zur Entfaltung ihrer Talente zur Verfügung stellen. In späteren Arbeiten argumentierte er, dass Kinder mit hoher Intelligenz sich auch körperlich, moralisch und verhaltensbezogenen als herausragend erweisen würden (vgl. Maltby, Day, & Macaskill, 2011, S. 756).

Goddard indessen veröffentlichte 1914 eine Studie zur Familie *Kallikak*. Der Familienname ist ein vom Autor entworfener Neologismus. Er setzt sich zusammen aus den altgriechischen Begriffen kalos (καλός = gut, schön) und kakos (κακός = schlecht, hässlich). Tatsächlich geht es um einen „guten“ und einen „schlechten“ Zweig im Stammbaum einer Familie, den Goddard analysierte. Ausgangspunkt war der Soldat Martin Kallikak der während des Unabhängigkeitskrieges mit einer als entwicklungsgestört geltenden Frau ein uneheliches Kind zeugte. Aus dieser Verbindung resultierten im Ganzen 480 Nachkommen, wovon der Autor 148 entweder als kriminell, geisteskrank, zum Alkoholismus neigend oder in sonstiger Weise als nicht der Norm entsprechend charakterisierte. Aus einer späteren Ehe mit einer Frau, die, so Goddards Vermutung, über gute Erbanlagen verfügte, entstanden 496 Nachkommen. Lediglich 3 wurden als „gestört“ klassifiziert, wohingegen etliche weitere vom Autor als „bedeutend“ charakterisiert wurden. Goddard zielte mit seiner Studie im Kern darauf ab, einen Zusammenhang herzustellen zwischen einem niedrigen IQ einerseits und Geisteskrankheit bzw. unmoralischem Sozialverhalten auf der anderen Seite (vgl. Gerrig & Zimbardo, 2008, S. 345).

Mit Blick auf diese (frühe) Phase der Entwicklung von Intelligenztests werden zwei gegenläufige Tendenzen sichtbar: Einerseits wurden Intelligenztests zum Zwecke der Integration konzipiert, andererseits wurden sie als Mittel der Selektion instrumentalisiert. Binet, der bis heute als Pionier der Entwicklung von Intelligenztests gilt, hat Intelligenz nie als physikalische Größe verstanden, die man ein für allemal bestimmen könne. Vielmehr galt ihm Intelligenz als Sammelbegriff für eine Vielzahl kognitiver Fähigkeiten (Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Problemlösefähigkeit, Urteilsfähigkeit etc.). Wie sich Intelligenz letztlich äußere, sei darüber hinaus abhängig von Umwelteinflüssen (Erziehung, Bildung, Sozialisation). Schließlich seien Intelligenztests bestenfalls als eine grobe Klassifikation zur Sichtbarmachung zu verstehen, in welchen Bereichen es Kinder zu unterstützen gelte.

Es dürfte deutlich geworden sein, dass Intelligenz ein sich wandelndes Konstrukt ist, und das dieses Konstrukt gegenwärtig vor allen Dingen im Zusammenhang mit kognitiven Leistungen, nicht aber im Kontext von Vernunft oder der Suche nach Wahrheit diskutiert wird. Gerade die Fokussierung auf kognitive Leistungen ist nun aber entscheidend mit Blick auf die Debatte rund um das Thema Künstliche Intelligenz.

2. Künstlichen Intelligenz zwischen Informatik und Kognitionswissenschaften

Im Jahr 1936 ist es dem Mathematiker Alan Turing (1912 – 1954) gelungen, den Nachweis zu erbringen, dass Rechenmaschinen alle Probleme lösen können, sofern sie algorithmisch beschreibbar sind. Ein Algorithmus ist eine formal-logische Handlungsanweisung zur Lösung eines Problems. Wenn das Problem darin besteht, nicht Kochen zu können, kann ein Kochrezept in einem weit gefassten Sinn als eine Art Algorithmus verstanden werden. Das Kochrezept gibt idealerweise eine Schritt-für-Schritt-Anleitung vor, die es zu befolgen gilt, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Tatsächlich wird jedoch ein Algorithmus in der Mathematik und auch in der Informatik in einem deutlich engeren Sinne verstanden. Hier müssen die einzelnen Schritte klar, eindeutig und ohne einen Spielraum für Interpretationen formuliert werden. Dies ist insbesondere dann von hoher Relevanz, wenn es sich um einen Algorithmus im Rahmen eines Programms, das auf einem Computer ausgeführt werden soll, handelt. Der Computer ist, wie

das lateinische Wort *computare* und die deutsche Bezeichnung *Rechner* verraten, eine Rechenmaschine. Damit eine Maschine funktionieren kann, muss sie exakt vorgeschrieben bekommen, was in der jeweiligen Situation zu tun ist. Genau das ist die Aufgabe des Programms, ein Begriff, der etymologisch im altgriechischen πρόγραμμα (*próγραμμα*) wurzelt und *Vorschrift* bzw. *Vorgeschriebenes* bedeutet

Turings Rechenmaschine war zunächst reine Theorie. Computer im Sinne von elektromechanischen Rechenmaschinen wurden erst mit Konrad Zuse und seinem 1941 präsentierten Z3 entwickelt. Als erster digitaler Computer gilt der 1946 an der University of Pennsylvania präsentierte ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Von Künstlicher Intelligenz war zu diesem Zeitpunkt noch keine Rede. Das änderte sich in den 1950er Jahren. Eine wichtige Rolle spielt dabei ein Aufsatz, den Turing vier Jahre vor seinem Suizid unter der Überschrift *Computing Machinery and Intelligence* (1950) publiziert hat. Turing geht es in seinem Beitrag um die Frage, ob Maschinen denken können. Dabei vermeidet er es, Denken oder gar Intelligenz zu definieren. Vielmehr unternimmt er einen geschickten Umweg, indem er einen Test entwirft – Turing selbst verwendet den Begriff „imitation game“ (Turing, 1950, S. 435), der unter dem Namen *Turing-Test* bekannt wurde und bis heute Gegenstand philosophischer Überlegungen rund um das Thema Bewusstsein ist (vgl. Metzinger, 2015, S. 282; Misselhorn, 2018, S. 30 ff.; Vowinkel, 2006, S. 121 ff.). Der Grundgedanke des Turing-Tests ist folgender: Ein Mensch kommuniziert schriftlich mit zwei Gesprächspartnern, einem menschlichen und einem maschinellen, ohne die beiden zu sehen. Wenn nun der Mensch am Ende des Gesprächs nicht eindeutig unterscheiden kann, wer von beiden Gesprächspartnern menschlich und wer die Maschine ist, so hat letztere den Turing Test bestanden und darf als intelligent bezeichnet werden.

Sechs Jahre nach der Veröffentlichung von Turings Aufsatz fand am Dartmouth College in Hanover (New Hampshire) eine Konferenz statt, die gemeinhin als Geburtsstunde der KI-Forschung gilt. Anwesend waren u. a. die spätere KI-Koryphäe Marvin Minsky (1927 – 2016), der Informationstheoretiker Claude Shannon (1916 – 2001), der Psychologe Alan Newell (1927 – 1992) und Herbert Simon (1916 – 2001), Sozialwissenschaftler und späterer Nobelpreisträger im Bereich Wirtschaftswissenschaften. Organisiert wurde die Tagung von John McCarthy (1927 – 2011), zu dieser Zeit Assistenzprofessor für Mathematik. McCarthy war es auch, der den Begriff *Artificial Intelligence* seinerzeit prägte. Das Ziel der Veranstaltung bestand darin, eine möglichst exakte Beschreibung von Lernen und anderen Intelligenzmerkmalen zu formulieren, um Maschinen zu konstruieren, die in der Lage sind, eben diese Vorgänge zu simulieren.³ Und in der Tat gelten heute Fähigkeiten wie das Lösen von abstrakten Problemen, das Lernen und der Umgang mit Unsicherheiten und Wahrscheinlichkeiten als wesentliche Anforderungen, die an die KI gestellt werden (vgl. Bostrom, 2014, S. 42; Specht, 2018, S. 222).

Insbesondere mit Blick auf den Umgang mit Unsicherheiten und Wahrscheinlichkeiten ist nicht selten die Rede von einer Selbstständigkeit – zuweilen auch Eigenständigkeit – der Maschine. Ralf Otte, Professor für Industrieautomatisierung und Künstliche Intelligenz, spricht im Zusammenhang mit der KI von einem *selbstständigen Erwerb neuen Wissens*, das er den meisten heute vorhandenen KI-Systemen attestiert (vgl. Otte, 2021, S. 21). Begrifflichkeiten wie selbstständig, eigenständig etc. sind insofern problematisch, als sie von der Informatik adaptiert und angewendet werden, ohne die mit diesen Begriffen verwobenen Traditionslinien zu berücksichtigen. *Selbstständig* verweist auf ein Selbst, *eigenständig* auf ein Eigenes. Gemeint ist also etwas Individuelles, Einzigartiges, das mit dem menschlichen Dasein einhergeht. Nur der Mensch ist in der Lage, in einer uneigentlichen, nicht-authentischen Weise zu existieren (Heidegger, 2001 [1927]). Ebenso wenig wie ein KI-System seine eigene Art verfehlen kann (eben weil es über kein Eigenes verfügt, was verfehlt werden könnte), ist es in der Lage, selbstständig zu agieren oder in irgendeiner Weise Selbstbestimmung zu erlangen. Was hier vorliegt, ist eine vor allem

³ An dieser Stelle sei erwähnt, dass Turing dem Thema „Learning Machines“ in seinem erwähnten Aufsatz (*Computing Machinery and Intelligence*) besonderes Augenmerk schenkte (vgl. Turing, 1950, S. 454 ff.).

für die Informatik nicht untypische semantische Aufwertung von Begriffen, die in wenig reflektierter Weise verwendet werden (vgl. Kerres & de Witt, 2002, S. 5 f.).

Nimmt man die Begrifflichkeiten ernst, handelt es sich mit Blick auf die KI nicht um ein selbstständiges, sondern automatisiertes Problemlösen, wobei die Probleme (Aufgaben, Herausforderungen), um die es geht, außerordentlich komplex sein können. In den 1950er und 1960er Jahren orientierte man sich bei der Automatisierung der Problemlösung an klassischen Prinzipien der Logik. Konkret arbeitete man mit einfachen logischen Verknüpfungen wie UND, ODER & NICHT, die man mit einem sogenannten Wahrheitsgehalt (WAHR, FALSCH) versehen hat. Arthur Samuel ist es 1959 gelungen, ein Programm für das Brettspiel Dame zu schreiben, bei dem das Programm seine Strategie verbessert, indem es immer wieder gegen sich selbst spielt. Samuel hat demnach bereits Ende der 1950er Jahre erfolgreich mit einer frühen Form des maschinellen Lernens gearbeitet. Mitte der 1960er Jahre präsentierte Joseph Weizenbaum einen Chatbot namens ELIZA, der den Eindruck erwecken konnte, man unterhalte sich mit einem Menschen. Inspiriert durch ELIZA gab es erste Überlegungen, die Psychotherapie (teilweise) zu automatisieren (vgl. Hübner, 2024, S. 94 f.). 1997 besiegte der IBM-Schachcomputer *Deep Blue* den amtierenden Schachweltmeister Garri Kasparov. 2011 wurden die beiden zu diesem Zeitpunkt besten menschlichen Jeopardy-Spieler vom KI-System *Watson* (ebenfalls aus dem Hause IBM) besiegt. Google (bzw. Alphabet) hat mit *Alpha Go* 2016 insbesondere in China für Aufsehen gesorgt, als es dem System gelang, den bis dato besten menschlichen Go-Spieler zu besiegen. Und schließlich präsentierte OpenAI Ende 2022 mit *ChatGPT* einen außerordentlich leistungsfähigen Chatbot, der im März 2023 durch die Version *ChatGPT4* aktualisiert wurde.

Künstliche Intelligenz kann sowohl als ein Teilgebiet der Informatik als auch der Kognitionswissenschaft verstanden werden. Für beides gibt es gute Gründe. Als Teilgebiet der Informatik konzentriert sich die Entwicklung der KI auf die Konzeption von Algorithmen und Berechnungsmethoden, die menschliche kognitive Prozesse simulieren oder nachbilden. Dabei ist es wichtig zu beachten, dass nur solche kognitiven Prozesse nachgebildet werden können, die in eine formal-logische Struktur überführbar sind. Das wiederum bedeutet ein Absehen (Abstrahieren) von allem, was nicht im Rahmen einer solchen Struktur darstellbar ist.

Insofern es im Rahmen der künstlichen Intelligenz um die Nachbildung kognitiver Prozesse geht, ist es naheliegend, eine Nähe zwischen Informatik und Kognitionswissenschaft zu vermuten. Und in der Tat werden in der kognitionswissenschaftlich-orientierten KI-Forschung in enger Zusammenarbeit mit der Informatik kognitive Modelle entwickelt, die sich an Theorien bezüglich menschlicher Denkprozesse orientieren. Das Ziel solcher Modelle besteht nicht zuletzt darin, etwaige Lücken und Widersprüchlichkeiten von theoretischen Annahmen zu entdecken (vgl. Schmid, 2013, S. 49). Die Nähe zwischen Künstlicher Intelligenz und Kognitionswissenschaften ist auch aus einer historischen Perspektive interessant. Die von McCarthy organisierte KI-Konferenz fand im Sommer des Jahres 1956 statt. Im Herbst desselben Jahres hat das Massachusetts Institute of Technology (MIT) zu einem Symposium zum Thema Informationstheorie eingeladen. Anwesend waren teils dieselben Akteure, die sich wenige Wochen zuvor am Dartmouth College über die Möglichkeiten der computergestützten Simulationen menschlichen Denkens ausgetauscht hatten, darunter zählen beispielsweise Herbert A. Simon und Allen Newell. Beide Konferenzen zusammen gelten rückblickend als Beginn der *Cognitive Science* (vgl. Sturm & Gundlach, 2013, S. 16 ff.). Wenn ein Computer tatsächlich in der Lage sein sollte, durch Rechenleistung menschliche Denkprozesse zu simulieren, dann könnte es umgekehrt vielleicht auch möglich sein, durch das Verständnis der Funktionsweise des Computers das menschliche Denken zu erklären. Kurzum: Die Entwicklungen im Bereich der Künstlichen Intelligenz führten zu einer neuen Sichtweise auf das menschliche Gehirn.

Der Philosoph Bernhard Irrgang verortet die im Rahmen der KI-Forschung unternommene Modellierung von Denkprozessen in der Nachfolge des Behaviorismus (Irrgang, 2020, S. 22).

Diese Position findet man in der Fachliteratur relativ häufig.⁴ Der Hintergrund ist folgender: Der Behaviorismus, insbesondere die auf Burrhus Frederic Skinner (1904 – 1990) zurückgehende operante Konditionierung, zielt auf eine Verstärkung von erwünschtem Verhalten durch Belohnung und eine Abschwächung unerwünschten Verhaltens – z. B. durch Bestrafung – ab (vgl. Bodenmann et al., 2019, S. 107 ff.). Ein wesentliches Vorhaben des Behaviorismus besteht in der Entwicklung einer optimalen Theorie des Lernens, die unabhängig vom Individuum gültig ist. Lernen, so die Überlegung, sei etwas, das sich objektiv beschreiben lasse; die während des Lernens stattfindenden inneren Prozesse wurden indessen als irrelevant qualifiziert und als *Black Box* marginalisiert. Skinner vertrat die Auffassung, dass der Mensch das Ergebnis der (vor allem) sozio-kulturellen Umwelt sei, die auf ihn einwirke. Während Immanuel Kant noch im 18. Jahrhundert den Menschen – als Bürger zweier Welten – der determinierenden phänomenalen Welt einerseits und der davon losgelösten intelligiblen Welt andererseits, zu charakterisieren und damit die menschliche Freiheit zu unterstreichen wusste, ist für Skinner Freiheit und Autonomie eine Illusion. Die Wissenschaft, insbesondere diejenige, die sich mit dem menschlichen Verhalten befasst, sei in der Lage, die „okkulte[n] Qualitäten“ (Skinner, 2019 [1973], S. 295) des Menschen in Frage zu stellen. Mehr noch: Es sei ausdrücklich Aufgabe der Wissenschaft, die „Zerstörung von Geheimnissen“ (ebd.) voranzutreiben. Dies sei für ihn jedoch keine Entmenschlichung, sondern ein notwendiger Akt der Aufklärung, den er als *Dehomunkulisierung* apostrophiert (vgl. ebd., S. 297). Die Kognitionswissenschaft, die im Kontext der *kognitiven Wende* der 1960 Jahre zunehmend an Bedeutung gewinnen konnte, hat sich schließlich das Öffnen der *Black Box* zum Ziel gesetzt. Menschliche Denkprozesse wurden zum Gegenstand empirischer Forschung erhoben, allerdings zugleich mit einer Metaphorik versehen, die aus den Computerwissenschaften entlehnt wurden. Der Begriff *Künstliche Intelligenz* ist selbst Ausdruck dieser Metaphorik.

3. Künstliche Intelligenz und Pädagogik

Die Präsenz Künstlicher Intelligenz im pädagogischen Kontext findet in unterschiedlicher Weise statt. Zu nennen sind hierbei exemplarisch sogenannte *adaptive Lernsysteme*. Derlei Systeme können sowohl in der frühkindlichen Bildung (Kindertagesstätten etc.) als auch im schulischen Kontext, im Rahmen der Erwachsenenbildung, bspw. im Hochschulsektor, oder in der beruflichen Fort- und Weiterbildung in Form von Lernprogrammen zum Einsatz kommen. Der Begriff *adaptiv* stammt aus dem Lateinischen und bedeutet *anpassen*. Das Prinzip adaptiver Lernsysteme besteht in der Konzeption individualisierter Curricula auf Basis vorhandene Daten über die lernende Person. Derlei Daten werden einerseits durch gezielten Input generiert, beispielsweise indem vom Programm generierte Aufgaben bearbeitet werden. Andererseits sind digitale Medien (Tablets, Laptops, Smartphones usw.) mit zahlreichen Sensoren ausgestattet, mit deren Hilfe – häufig unbemerkt – zusätzliche Daten eingeholt werden können. Als *Sensoren* fungieren beispielsweise Kamera, Mikrofon, Umgebungslichtsensor, Gyroskop, Barometer, Magnetometer etc. Mithilfe der Kamera können nicht nur Bewegung oder Mimik erfasst werden, sondern auch Mikroexpressionen, also unwillkürliche minimale Bewegungen der Gesichtsmuskulatur, die durch das limbische System gesteuert werden und von sehr kurzer Dauer sind. Prinzipiell ist es möglich, auf Basis von Mikroexpressionen Informationen über die emotionale Verfasstheit einer Person zu erlangen. Das Mikrofon, kombiniert mit einer entsprechenden Software, eröffnet indessen die Möglichkeit, auf Basis des gesprochenen Wortes die der Stimme zugrundeliegende Stimmung zu eruieren. Verbindet man beides – die Analyse der Mik-

⁴ Vgl. hierzu die Arbeiten von Dresler (2009, S. 40 f.), Lenzen (2002, S. 12 ff.) und Heinrichs et al. (2022, S. 49 ff.).

roexpression und die Stimmanalyse – kann die emotionale Verfasstheit noch detaillierter datenmäßig abgebildet und die Anpassung des Programms an die lernende Person optimiert werden (vgl. Damberger, 2020, S. 159 ff.).

Im Jahr 2007 wurde in den USA von den beiden Journalisten Gary Wolf und Kevin Kelly die mittlerweile in mehr als 35 Länder agierende *Quantified Self*-Bewegung ins Leben gerufen. Mit Unterstützung digitaler Gadgets (Fitness Tracker, Smart Watches usw.) zielt die Praktik der Selbstvermessung darauf ab, Körper- und Bewegungsdaten zu erfassen und mit entsprechenden Programmen auszuwerten (Damberger & Iske, 2017). Die auf diese Weise generierten Daten können – zumindest prinzipiell – in die Verbesserung adaptiver Lernsysteme einfließen, beispielsweise indem Aufgabenstellungen am spezifischen Biorhythmus der lernenden Person ausgerichtet werden. Bemerkenswert ist dabei das Motto der *Quantified Self*-Bewegung: *self knowledge through numbers*, wobei mit dem Ausdruck *self knowledge* Selbsterkenntnis gemeint ist (Wolf, 2020). Aus bildungsphilosophischer Perspektive erweist sich das Vorhaben, Selbsterkenntnis zu erlangen, als außerordentlich relevant, um Bildungsprozesse zu evozieren. Sich selbst in Begegnung mit der Welt in Erfahrung zu bringen, um das auf diese Weise reflexiv ins Bewusstsein Geholte in die Welt hineinbilden zu können, ist ein Anspruch, den bereits Humboldt in seiner *Theorie der Bildung des Menschen* zu betonen wusste (vgl. Humboldt, 2012 [1793], S. 94). Im Gegensatz zur Selbstquantifizierung geht jedoch die Selbsterkenntnis in Humboldts Überlegungen mit einer Vorläufigkeit einher, die einem der Reflexion prinzipiell Unverfügbaren geschuldet ist: „Rein und in seiner Endabsicht betrachtet, ist sein Denken *immer nur ein Versuch* seines Geistes, vor sich verständlich, sein Handeln *ein Versuch* seines Willens, in sich frei und unabhängig zu werden“ (ebd.; Hervorh. v. T. D.). Die auf Zahlen und Daten konzentrierte Form der Selbsterkenntnis, wie sie im Kontext der Selbstquantifizierung diskutiert wird, erweist sich in Abgrenzung dazu im Kern als Ausdruck einer Selbstinstrumentalisierung. Erfasst werden kann nur das, was zuvor bereits als prinzipiell erfassbar bestimmt wurde. Mit den Worten des Soziologen Stefan Selke: „Die algorithmisierte Praxis der Selbstvermessung produziert Schattenkörper und eine digitale Aura, die den kontingenten Lebensbedingungen nicht immer entsprechen. Die größte Herausforderung eines Lebens, das sich ständig selbst vermisst, wird nicht darin bestehen, Signale immer trennschärfer zu erfassen. Sie besteht im Gegenteil darin zu akzeptieren, dass viele Aspekte des Lebens gerade nicht berechen- und kalkulierbar sind.“ (Selke, 2014, S. 204) Im Falle von Quantified Self wird hingegen das prinzipiell Unerfass- und Unverfügbare durch ein Mehr an Daten, eine noch umfassendere Vermessung nivelliert. Und schließlich gilt, wie der Medienwissenschaftler Roberto Simanowski zurecht unterstreicht, dass *self knowledge through numbers* nicht zuletzt auch mit dem Anspruch auf Selbstoptimierung – zugespitzt des *human enhancements* – verwoben ist (vgl. Simanowski, 2014, S. 29).

Künstliche Intelligenz in Gestalt adaptiver Lernsysteme und im Kontext einer zunehmenden Datafizierung von Körper- und Verhaltensweisen dürfte in der Lage sein, Lernprozesse effizienter und effektiver auszugestalten. Die Frage ist allerdings, um welche Art des Lernens es sich dabei handelt und worin genau der Effekt bestehen soll. Die Medienpädagogen Michael Kerres und Claudia de Witt haben kurz nach der Jahrtausendwende mit ihrem Beitrag *Quo vadis Mediendidaktik?* ein Plädoyer gegen eine behavioristische bzw. konstruktivistische Verkürzung mediendidaktischer Perspektiven formuliert und stattdessen für eine *pragmatische Mediendidaktik* argumentiert (Kerres; de Witt, 2002). Mit *pragmatischer Mediendidaktik* ist ein Ansatz angesprochen, der idealisierte Bildungsziele ablehnt und stattdessen von Kontingenzen ausgeht, die Spielräume bieten und selbst wiederum zum Gegenstand der Reflexion werden. Kontingenzen erscheinen dabei als Möglichkeiten bildender Erfahrung. Eine pragmatisch-orientierte Mediendidaktik setzt sich demnach mit erfahrungsorientiertem Lernen im Kontext medialer Angebote in mediatisierten Umwelten auseinander (vgl. ebd., S. 19).

Heute, mehr als zwei Dekaden nach Erscheinen von *Quo vadis Mediendidaktik?* steht die Möglichkeit der Umsetzung einer am Pragmatismus orientierten Mediendidaktik ernsthaft in Frage.

Schärfer formuliert: Bei allen mit dem Einsatz von KI in Bildungskontexten verbundenen Vorteilen geht die Gefahr eine „Virtual-Reality-Pädagogik“ (Sesink, 2008) in zugespitzter Rousseau'scher Manier einher. Jean-Jacques Rousseaus (1712-1778) entwickelte 1762 in seinem *Émile* das Konzept einer *negativen Erziehung*. Ausgangspunkt war die Prämisse, dass der Mensch von Natur aus gut sei, nicht aber die real existierende Gesellschaft. Diese Diskrepanz wollte Rousseau durch eine Erziehung in der pädagogischen Provinz überwinden, in der problematische gesellschaftliche Einflüsse ferngehalten werden. In eben diesem Sinne ist das der Erziehung vorangestellte Adjektiv *negativ* zu verstehen. Rousseaus pädagogische Überlegungen zielen auf eine Harmonisierung von Wollen und Können ab. Denn: Das Schlechte und Verderbliche gelangt nach Rousseau dadurch in die Welt, dass der Mensch nach etwas strebt, was er nicht erreichen kann. Sofern er also von seinem Wollen nicht abzulassen in der Lage ist, neigt er dazu, durch unlautere Mittel sein anvisiertes Ziel doch noch *irgendwie* zu erreichen: „Alle Bösartigkeit“, so Rousseau, „entspringt der Schwäche. Das Kind ist nur böse, weil es schwach ist.“ (Rousseau, 2006 [1762], S. 166). Er fordert daher: „Macht es stark, und es wird gut sein. Wer alles könnte, würde niemals Böses tun.“ (ebd.). Die geforderte Stärke, die darauf abzielt, dass das Kind seine eigenen Fähigkeiten entdeckt und gemäß derselben sein Wollen und Handeln ausrichtet, gilt es durch Erziehung zu ermöglichen. Allerdings soll dies in einer Weise geschehen, dass das Kind sich in seinem Handeln zwar frei wähnt, tatsächlich aber dem nicht wahrnehmbaren steuernden Einfluss des Pädagogen ausgesetzt ist: „Laßt ihn [den Zögling, Anm. v. T. D.] immer im Glauben, er sei der Meister, seid es in Wirklichkeit aber selbst. Es gibt keine vollkommeneren Unterwerfung als die, der man den Schein der Freiheit zugesteht.“ (ebd., S. 265 f.). Eben diese vollkommene Unterwerfung problematisiert der Pädagoge Alfred Schäfer. Rousseaus Pädagogik zielt auf eine bewusstlose Unterwerfung (vgl. Schäfer, 2005, S. 107 ff.) ab. Bewusstlos, weil das Kind keinen Begriff davon hat, dass seine Freiheit lediglich eine scheinbare ist.

Es handelt sich bei Rousseaus negativer Erziehung im Kern um eine „Virtual-Reality-Pädagogik“. Ähnlich wie im Falle der pädagogischen Provinz wird hierbei ein Raum geschaffen, in dem eine Erziehung stattfindet, die Spontaneität in planmäßiges (programmiertes) Vorgehen zu überführen sucht. Dabei soll der Anschein der Freiheit gewahrt und zugleich störende Einflussnahme von Außerhalb vermieden werden. Durch die Entwicklungen im Bereich der KI, einhergehend mit einer umfassenden Sensorisierung, Datafizierung und Vernetzung, lösen sich die Grenzen der modernen pädagogischen Provinz zunehmend auf. Der Mensch wird zur Peripherie einer umfassenden, sich aufspreizenden Computerisierung (Damberger, 2023). Diese Entwicklung wurde bereits vor über einem Jahrhundert in Edward Morgan Forsters *The Machine Stops* (2016 [1909]) in literarischer Form skizziert und spätestens 1963 in wissenschaftlicher Manier in Gotthard Günthers *Das Bewußtsein der Maschine. Eine Metaphysik der Kybernetik* ausgearbeitet. In Anlehnung an Günther könnte man Künstliche Intelligenz im Verbund mit Sensorisierung, Datafizierung und Vernetzung als *transklassische* Maschine bezeichnen (vgl. Günther, 1963, S. 186 f.). Eine *klassische* Maschine wirkt transformierend auf die Welt ein: Ein Drucker bedruckt Papier und eine Waschmaschine wäscht Wäsche. Die *transklassische* Maschine hat hingegen steuernden Charakter. Das Computerprogramm (z.B. der Treiber) steuert den Drucker. Der Drucker ist lediglich das Peripheriegerät, das letztlich an den Treiber angeschlossen ist. Durch die Sensorisierung von Mensch und Welt holt sich die sich-aufspreizende transklassische Maschine nun Informationen über den Ist-Zustand der Peripherie ein, die anschließend durch entsprechende Algorithmen verarbeitet werden. Basierend darauf werden schließlich Informationen produziert, die von den Peripheriegeräten ausgeführt werden. Ein solches Peripheriegerät kann das adaptive Lernsystem sein, etwas weiter gefasst sogar der Lernende selbst.

Auf diese Möglichkeit verweist indirekt der Transhumanist und Leiter der technischen Entwicklung bei Google, Raymond Kurzweil, in einem Interview mit der Frankfurter Allgemeinen Zeitung (FAZ). Computer werden, so Kurzweil, ganz dicht an unseren Körper heranrücken,

schließlich in unseren Körper eindringen und mithilfe von Nanotechnologie eine „Virtual Reality von innen heraus erzeugen, indem sie die Signale ersetzen, auf die das Gehirn reagiert. Signale, die anscheinend von unseren Augen ausgehen, sendet in Wahrheit der Computer. Jetzt wird es möglich, einander zu berühren. Alle fünf Sinne werden angesprochen“ (Kurzweil, 2013 [2000], S. 343). Als Kurzweil im Jahr 2000 interviewt wurde, gab es noch kein iPhone, keine Fitnessstracker, keine implantierbare RFID-Chips. Gut ein Vierteljahrhundert später befinden sich Computer tatsächlich an und teilweise sogar in unserem Körper. Das World Economic Forum (WEF) spricht in einem 2020 veröffentlichten Briefing Paper explizit vom *Internet of Bodies (IoB)*.⁵ Demzufolge wird der menschliche Körper als Technologieplattform verstanden, dem sowohl mit invasiver als auch nicht-invasiver Technologie begegnet werden soll. Eine Fernüberwachung von Patienten oder eine Überwachung der Vigilanz (Wachheit) am Arbeitsplatz werden ausdrücklich als Möglichkeiten angeführt (vgl. WEF, 2020, S. 8 f.). Von hier aus ist es nur ein kleiner Schritt zu Rousseaus propagierten vollkommenen Unterwerfung, die den Schein der Freiheit zu bewahren sich anschickt.

Eine umfassende Steuerung und Kontrolle von Lern- und Entwicklungsprozessen, mehr noch: eine Unterwerfung durch Künstliche Intelligenz ist keine zwangsläufige Entwicklung. Sowohl in der pragmatischen Mediendidaktik, die Kontingenzen zum Reflexionsgegenstand erhebt als auch im Rahmen einer Pädagogik, die sich normativ am Ideal der Mündigkeit orientiert, besteht noch immer die Möglichkeit, die Potenziale und Herausforderung gegenwärtiger Entwicklungen im Kontext von Künstlicher Intelligenz zu durchdenken und ggf. entsprechend zu problematisieren. Gleiches gilt für die sozioökonomischen Rahmenbedingungen, innerhalb derer die Debatte um Künstliche Intelligenz geführt wird und werden muss. Der zunehmende Einsatz von Künstlicher Intelligenz (nicht nur) in pädagogischen Settings geht mit dem Potenzial einer Entmündigung einher. Dieses Potenzial kann denkend erhellt, die Entmündigung selbst erfahren werden. Ein Bildungs- und Erziehungswesen, in dem nach wie vor das "Signum der Führung zu bürgerlicher Mündigkeit" (Koneffke, 1969, S. 429) wirkt, kann und muss sich immer wieder auf die Notwendigkeit der kritischen Reflexion vorherrschender und aufscheinender technologischer Entwicklungen und ihres möglichen oder auch tatsächlichen Einsatzes in pädagogischen Kontexten berufen. Damit verbunden ist die sich erhaltende Kraft zur Subversion gegen alle inhumanen, in einen technologischen Totalitarismus abdriftende Tendenzen.

Literatur

- Anderson, John R. (1996). *Kognitive Psychologie* (2. Aufl.). Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Benesch, Hellmuth. (1992). *dtv-Atlas zur Psychologie. Tafeln und Texte. Band 1* (3. Aufl.). München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Bodenmann, Guy, Perez, Meinrad, & Schär, Marcel. (2019). *Klassische Lerntheorien. Grundlagen und Anwendungen in Erziehung und Psychotherapie* (3. Aufl.). Bern: Hogrefe.
- Bostrom, Nick. (2014). *Superintelligenz. Szenarien einer kommenden Revolution*. Berlin: Suhrkamp.
- Brockhaus, Friedrich Arnold. (1834). *Conversations-Lexikon. Fünfter Band*. Leipzig: Brockhaus.
- Damberger, Thomas. (2023). *Der mündige Cyborg? Bildung in Zeiten technologischer Transformationsprozesse*. In Ralf Lankau (Hrsg.), *Unterricht in Präsenz und Distanz. Lehren aus der Pandemie* (S. 136–148). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

⁵ Die Überschrift des Dokuments lautet: *Shaping the Future of the Internet of Bodies: New challenges of technology governance*. (URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_IoB_briefing_paper_2020.pdf; Stand: 25.10.2023).

- Damberger, Thomas. (2020). Künstliche Intelligenz und der Sinn von Pädagogik. In Edwin Hübner & Leonhard Weiss (Hrsg.), *Resonanz und Lebensqualität. Weltbeziehungen in Zeiten der Digitalisierung. Pädagogische Perspektiven* (S. 143–172). Leverkusen: Barbara Budrich.
- Damberger, Thomas, & Iske, Stefan. (2017). Quantified Self aus bildungstheoretischer Perspektive. In Ralf Biermann & Dan Verständig (Hrsg.), *Das umkämpfte Netz: Macht- und medienbildungstheoretische Analysen zum Digitalen* (S. 17–35). Wiesbaden: Springer VS.
- Dresler, Martin. (2009). *Künstliche Intelligenz, Bewusstsein und Sprache. Das Gedankenexperiment des „chinesischen Zimmers“*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Forster, Edward Morgan. (2016 [1909]). *Die Maschine steht still*. Hamburg: Hoffmann und Campe.
- Gerrig, Richard J., & Zimbardo, Philip G. (2008). *Psychologie* (18. aktualisierte Aufl.). München: Pearson.
- Günther, Gotthard. (1963). *Das Bewußtsein der Maschine. Eine Metaphysik der Kyberneik*. Baden-Baden, Krefeld: Agis-Verlag.
- Heidegger, Martin. (2001 [1927]). *Sein und Zeit*. Tübingen: Max Niemeyer.
- Heinrichs, Bert, Heinrichs, Jan-Hendrik, & Rüter, Markus. (2022). *Künstliche Intelligenz*. Berlin, Boston: Walter de Gruyter.
- Hübner, Edwin. (2024). Geschwätzige Wahrscheinlichkeitsmaschinen – was sie unausgesprochen von der Pädagogik fordern. In Thomas Damberger & Edwin Hübner (Hrsg.), *Kinder stärken in Zeiten der Digitalisierung. In Krisen reflexive Energie entwickeln* (S. 89–104). Opladen, Berlin, Toronto: Barara Budrich.
- Humboldt, Wilhelm von. (2012 [1793]). *Theorie der Bildung des Menschen*. In Heiner Hastedt (Hrsg.), *Was ist Bildung? Eine Textanthologie* (S. 93–99). Stuttgart: Philipp Reclam.
- Irrgang, Bernhard. (2020). *Roboterbewusstsein, automatisiertes Entscheiden und Transhumanismus. Anthropomorphisierungen von KI im Licht evolutionär-phänomenologischer Leib-Anthropologie*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Kerres, Michael, & de Witt, Claudia. (2002). Quo vadis Mediendidaktik? Zur theoretischen Fundierung von Mediendidaktik. *MedienPädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 6, 1–22.
- Koneffke, Gernot. (1969). Integration und Subversion. Zur Funktion des Bildungswesens in der spätkapitalistischen Gesellschaft. *Das Argument*, 54, 11. Jg, 389–430.
- Kurzweil, Ray. (2013). Die Maschinen werden uns davon überzeugen, dass sie Menschen sind (2000). In Günter Helmes & Werner Köster (Hrsg.), *Texte zur Medientheorie* (S. 338–346). Stuttgart: Philipp Reclam.
- Lenzen, Manuela. (2002). *Natürliche und künstliche Intelligenz. Einführung in die Kognitionswissenschaft*. Frankfurt am Main, New York: Campus.
- Maderthaner, Rainer. (2021). *Psychologie* (3. Aufl.). Wien: Facultas.
- Maltby, John, Day, Liz, & Macaskill, Ann. (2011). *Differentielle Psychologie, Persönlichkeit und Intelligenz* (2. aktualisierte Aufl.). München: Pearson.
- Metzinger, Thomas. (2015). *Der Ego-Tunnel. Eine neue Philosophie des Selbst: Von der Hirnforschung zur Bewusstseinsethik*. München, Zürich: Piper.
- Meyers Konversations-Lexikon. (1890). Band 8 (4. gänzlich umgearbeitete Aufl.). Leipzig: Verlag des Bibliographischen Instituts.
- Misselhorn, Catrin. (2018). Maschinenethik und Philosophie. In Oliver Bendel (Hrsg.), *Handbuch Maschinenethik* (S. 1–23). Wiesbaden: Springer.
- Otte, Ralf. (2021). *Maschinenbewusstsein. Die neue Stufe der KI – wie weit wollen wir gehen?*

- Frankfurt a. M., New York: Campus Verlag.
- Pietschnig, Jakob. (2021). *Intelligenz. Wie klug sind wir wirklich?* Salzburg, München: Econwin.
- Rost, Detlef H. (2013). *Handbuch Intelligenz*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Rousseau, Jean-Jacques. (2006 [1762]). *Emile oder Über die Erziehung*. Stuttgart: Philipp Reclam.
- Schäfer, Alfred. (2005). *Einführung in die Erziehungsphilosophie*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Schmid, Ute. (2013). Künstliche-Intelligenz-Forschung. In Achim Stephan & Sven Walter (Hrsg.), *Handbuch Kognitionswissenschaft* (S. 44–47). Stuttgart: .B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung.
- Selke, Stefan. (2014). *Lifelogging. Wie die digitale Selbstvermessung unsere Gesellschaft verändert*. Berlin: Econ.
- Sesink, Werner. (2008). Tugend und Terror. Rousseau, Revolution und Virtualität. In Peter Euler, Harald Bierbaum, Astrid Messerschmidt, & Olga Zitzelsberger (Hrsg.), *Nachdenken in Widersprüchen – Perspektiven auf Gernot Koneffkes Kritik bürgerlicher Pädagogik* (S. 131–144). Wetzlar: Büchse der Pandora.
- Simanowski, Roberto. (2014). *Data Love*. Berlin: Matthes & Seitz.
- Skinner, Burrhus Frederic. (2019 [1973]). *Jenseits von Freiheit und Würde*. In Franz Josef Wetz (Hrsg.), *Texte zur Menschenwürde* (2. bibliographisch ergänzte Aufl., S. 293–298). Ditzingen: Philipp Reclam.
- Specht, Philip. (2018). *Die 50 wichtigsten Themen der Digitalisierung*. München: Redline Verlag.
- Sturm, Thomas, & Gundlach, Horst. (2013). Ursprünge und Anfänge der Kognitionswissenschaft. In Achim Stephan & Sven Walter (Hrsg.), *Handbuch Kognitionswissenschaft* (S. 7–21). Stuttgart, Weimar: J. B. Metzler.
- Terman, Lewis M. (1906). *Genius and Stupidity: A Study of some of the Intellectual Processes of Seven "Bright" and Seven "Stupid" Boys* *Pedagogical Seminary*, XIII, 307–373.
- Turing, Alan M. (1950). *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind*, 59(236), 443–460.
- Vowinkel, Bernd. (2006). *Maschinen mit Bewusstsein. Wohin führt die künstliche Intelligenz?* Weinheim: WILEY-VCH.
- WEF. (2020). *Shaping the Future of the Internet of Bodies: New challenges of technology governance*. BRIEFING PAPER. Retrieved from https://www3.weforum.org/docs/WEF_IoB_briefing_paper_2020.pdf.
- Wolf, Gary. (2010). *The Data-Driven Life*. *The New York Times Magazine*. Abgerufen von <http://nyti.ms/2gjfz3H>