

Jessica Felgentreu · Christina Gloerfeld ·
Claudia Grüner · Heike Karolyi ·
Christian Leineweber · Linda Weißler ·
Silke E. Wrede *Hrsg.*

Bildung und Medien

Theorien, Konzepte und
Innovationen



Springer VS

Bildung und Medien

Jessica Felgentreu • Christina Gloerfeld
Claudia Grüner • Heike Karolyi
Christian Leineweber • Linda Weißler
Silke E. Wrede
Hrsg.

Bildung und Medien

Theorien, Konzepte und
Innovationen

Hrsg.

Jessica Felgentreu
FernUniversität in Hagen
Hagen, Deutschland

Christina Gloerfeld
Universität Bremen
Bremen, Deutschland

Claudia Grüner
FernUniversität in Hagen
Hagen, Deutschland

Heike Karolyi
FernUniversität in Hagen
Hagen, Deutschland

Christian Leineweber
FernUniversität in Hagen
Hagen, Deutschland

Linda Weßler
FernUniversität in Hagen
Hagen, Deutschland

Silke E. Wrede
FernUniversität in Hagen
Hagen, Deutschland

ISBN 978-3-658-38543-9

ISBN 978-3-658-38544-6 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-38544-6>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer VS

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Stefanie Laux

Springer VS ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Inhaltsverzeichnis

Teil I Theorie(n) der Bildung und digitale Medien

Einleitung: Theorie(n) der Bildung und digitale Medien 3

Christian Leineweber

Individualisierte, digital basierte Massenkommunikation als kultureller Bildungsraum – Argumentationsmuster zur Digitalisierung von Bildung 19

Ben Bachmair

Schulische Lern- und Bildungsprozesse im Kontext digitalen Wandels. Vergessene anthropologische und pädagogische Aspekte 39

Dieter Spanhel

Virtualität und Realität in Relation. Medienbildung als Bezugsetzung zwischen Spiel und Wirklichkeit am Beispiel moralischer Dilemmata 61

Manuela Pietraß

Teil II Lehren und Lernen im Digitalen

Einleitung: Lernen und Lehren im Digitalen 81

Claudia Grüner, Heike Karolyi und Linda Weßler

Ambivalenzen schulischen Lehrens und Lernens in der Digitalität – forschungs-, entwicklungs- und praxisbezogene Perspektiven 89

Bardo Herzig

Erklärvideos als methodisch- didaktisches Werkzeug	109
Thorsten Junge	
Mediendidaktik als Didaktik in der Digitalität – praxistheoretisch informierte Betrachtung von Handlungsfähigkeit in der Hochschulbildung in der digitalen Transformation	127
Kerstin Mayrberger	
Teil III Innovationen und Zukunftsszenarien	
Einleitung: Innovationen und Zukunftsszenarien	149
Jessica Felgentreu, Christina Gloerfeld und Silke E. Wrede	
Zur Bedeutung künstlicher Intelligenz für die Mediendidaktik	157
Gerhard Tulodziecki	
Überlegungen zu einer pädagogischen Zukunftsforschung	173
Stefan Aufenanger	
Zukunft „smarte Bildung“: Gestaltung einer produktiven Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine/KI-System?	189
Sabine Seufert und Christoph Meier	
Gelingsbedingungen für produktive Learning-Analytics-Systeme	205
Dirk Ifenthaler	



Zukunft „smarte Bildung“: Gestaltung einer produktiven Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine/ KI-System?

Sabine Seufert und Christoph Meier

Zusammenfassung

Digitalisierung ist kein neues Phänomen, sondern wird seit mehr als 20 Jahren vor allem durch die Internettechnologien maßgeblich getrieben. Nach Wahlster (2017) vom Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) wird in erste und zweite Welle der Digitalisierung unterschieden. In der ersten Welle steht im Vordergrund, dass alle relevanten Daten maschinenlesbar sind und damit auch digital verarbeitet werden können. Bei der zweiten Welle der Digitalisierung bzw. fortgeschrittenen Digitalisierung geht es nicht mehr nur um die digitale Verarbeitung der Daten, sondern neu auch um das Verstehen dieser Daten mithilfe von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI).

In jüngster Zeit steht in der Forschung im Vordergrund, wie die sich ergänzenden Stärken von Menschen und Systemen der KI produktiv kombiniert werden können. Im Mittelpunkt dieser neuen Vision stehen sorgfältig konzipierte Partnerschaften zwischen Lehrpersonen und Lernenden, und KI-Expert*innen zufolge (siehe auch Stanford Panel führender KI-Forscher*innen 2016) sollten demnach vielmehr neue Mensch-Maschinen-Interaktionen im Vordergrund stehen, um den Nachteilen bzw. Gefahren der KI entgegenzuwirken. Auch bei der

S. Seufert (✉) · C. Meier

Institut für Bildungsmanagement und Bildungstechnologien (IBB-HSG),
Universität St. Gallen, St. Gallen, Schweiz

E-Mail: sabine.seufert@unisg.ch; christoph.meier@unisg.ch

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien

Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

J. Felgentreu et al. (Hrsg.), *Bildung und Medien*,

https://doi.org/10.1007/978-3-658-38544-6_12

Digitalisierung von Wissensarbeit steht vielmehr Augmentation (Zusammenwirken von Mensch und Maschine) anstatt einer Substitution durch Automatisierung im Vordergrund. Auf diese Implikationen der KI-Transformation soll im vorliegenden Beitrag näher eingegangen werden.

Schlüsselwörter

Digitalisierung · Augmentation · Mensch-Maschine-Interaktion · KI-Methoden · KI-Transformation

1 Einleitung

Die Digitalisierung gibt uns mächtige Werkzeuge an die Hand (Übersetzungshilfen, Suchmaschinen, Online-Enzyklopädien etc.), die wir auf mobilen Endgeräten immer bei uns tragen. Lernende, „intelligente“ und „smarte“ Maschinen können zunehmend auch motorisch, kognitiv und affektiv anspruchsvolle Aufgaben übernehmen. Die Entwicklungen der KI fesseln daher zurzeit die Aufmerksamkeit. Als Beispiel sind die technologischen Quantensprünge zu nennen, die beim automatischen Übersetzen mit Hilfe von KI-Methoden gemacht wurden, seit nicht mehr grammatische Regeln, sondern das Vorkommen von Wortfolgen in großen Datenmengen zugrunde gelegt werden. Die mediale Aufmerksamkeit rund um die KI schürt aber auch Ängste (Bostrom 2014): Wird es in Zukunft noch genügend Arbeitsplätze geben? Wann wird es eine Superintelligenz geben, die uns Menschen überlegen sein wird? Die entscheidende Frage wird dann auch sein: Welche Rolle wird der Mensch spielen, wenn intelligente Maschinen einen Großteil der Aufgaben, mit denen heute der Mensch beauftragt ist, effizienter ausführen kann (Makridakis 2017)?

Die formale Bildung aller Stufen ist mit dem altbekannten Problem konfrontiert, dass ein beträchtlicher Teil des in der Schule Gelernten bereits vergessen ist, wenn es relevant wird. Vor dem Hintergrund der fortgeschrittenen Digitalisierung treten zudem neue Fragen auf. Wie kann sich der Mensch von intelligenten Maschinen abgrenzen und komplementäre, nicht-kognitive Kompetenzen zum Computer erlernen? Der Wissensbegriff gerät damit nochmals verstärkt unter Druck und die Bedeutung der kognitiven Intelligenz wird zunehmend relativiert. Alternativen wie die soziale oder die emotionale Intelligenz erfreuen sich seit einigen Jahren großer Beliebtheit (zur Kritik hierzu vgl. Stern und Grabner 2014). Klärungsbedarf gibt es zudem, über welche Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler bzw. auch Studierende vor dem Hintergrund der digitalen Transformation verfügen sollen. Prof. Dr. Claudia de Witt geht dieser Frage mit visio-

närem Gedankengut nach, wie ein aktueller Vortrag im Hochschulforum Digitalisierung eindrücklich aufzeigt.¹

Die Digitalisierung verändert darüber hinaus auch die Potenziale der Unterrichtsdidaktik und kann insbesondere helfen, individualisierende und adaptive Unterrichtskonzepte besser als bisher zu realisieren. Lernsysteme, die Mechanismen der KI integrieren, können künftig relevante Aufgaben in Bildungsprozessen übernehmen. Damit kann einerseits eine Entlastung bei den Lehrpersonen geschaffen (z. B. weniger Korrekturarbeiten) sowie auch eine Qualitätsverbesserung von Lehr-Lernprozessen erzielt werden (z. B. automatisiertes Feedback bei Aufgaben auf einer höheren Lernziel-Taxonomiestufe). Um derartige KI-basierte Lernsysteme zu entwickeln, sind große Datenmengen und Data Mining-Ansätze erforderlich. Für die Bildung ist daher näher zu untersuchen, welche KI-Systeme hier zu unterscheiden sind (z. B. Lern-Chatbots, KI-basierte Feedback Tools, virtuelle und robotergesteuerte Assistenzsysteme, Learning companion-Systeme für das kollaborative Lernen etc.) und in welchen Bereichen die Einsatzpotenziale von KI-basierten Lernsystemen wirkungsvoll erscheinen.

Im vorliegenden Festschriftbeitrag für unsere Kollegin Claudia de Witt, die im deutschsprachigen Raum zu den führenden Forschenden in diesem Bereich zählt, wird auf die Implikationen der KI auf den Bildungsbereich eingegangen. Dabei steht die Leitfrage, wie eine produktive Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine/KI-System gestaltet werden kann, im Zentrum. Zudem geht es darum, KI zu demystifizieren und sachlich Entwicklungslinien aufzuzeigen. I-Robot oder Raumschiff Enterprise sind der Science-Fiction zuzuordnen. Realistischer scheinen Entwicklungsszenarien zu sein, die sich auf die Augmentation (komparative Vorteile von Mensch und Maschine nutzen) beziehen (Brynjolfsson und McAfee 2014; Davenport und Kirby 2016). Auf dieses neue Leitbild der Augmentation wird in Kap. 2 näher eingegangen. Die Erweiterung der menschlichen Fähigkeiten unter Ausnutzung der Leistungsfähigkeit von Computertechnologie, um die menschliche Entscheidungsfindung zu verbessern, steht dabei im Vordergrund (Jarrahi 2018). Im nächsten Kap. 3 gehen wir darauf ein, wie sich diese Entwicklungen auf die Bildungsziele und -inhalte auswirken können. Dabei argumentieren wir für eine informatische Bildung für Denkweisen i. S. der Augmentation, um damit eine neue „digitale Interdisziplinarität“ in der (Hoch-) Schulbildung zu etablieren und zu kultivieren. Auf weitere Implikationen für die Personalentwicklung gehen wir anschließend ein, um das Konzept der Augmentationsstrategien sowie das Zusammenspiel verschiedener Kompetenzen im Management von KI-Systemen aufzuzeigen. Der Beitrag endet mit einem kurzen Fazit.

¹Der zu empfehlende Vortrag von Claudia de Witt ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.youtube.com/watch?v=WxMc7h8MsgU>.

2 Augmentation als neues Leitbild für die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine

Die Herausforderung für die digitale Transformation im Bildungsbereich besteht darin, herauszufinden, welche Kompetenzen im Verständnis der Augmentation nötig sind. Das heißt, zu eruieren, welche Kompetenzen der Mensch zur effizienten Zusammenarbeit mit „Smart Machines“ benötigt. Derartige Überlegungen scheinen zunächst befremdlich, für manche Menschen auch beängstigend. Medienhistorisch betrachtet ist das typisch für eine technologische Revolution wie die einsetzende KI Revolution. Die Auswirkungen der digitalen Transformation auf den Bildungsbereich sind tiefgreifend. Im Mittelpunkt steht nicht die Frage nach geeigneten didaktischen Hilfsmitteln zur effektiven und effizienten Erreichung bestehender Lernziele. Vielmehr sind die Implikationen der KI auf die (Hoch-) Schulcurricula umfassend zu berücksichtigen und entsprechende Inhalte in den Lehrplan aufzunehmen. Diesbezüglich konstatieren Webb et al. (2018) in ihrer Ländervergleichsstudie, dass auch eine radikale Abkehr von bestehenden Lehrplänen denkbar scheint. Je nach normativer Position und Einschätzung zur Auswirkung der KI-Transformation bedeutet es letztlich, die Anstrengungen auf die (kontinuierliche) Steigerung der menschlichen Kompetenzen zu lenken, insbesondere auch unter Nutzung der Potenziale der KI.

Mit dem Einsatz von „Smart Machines“ ist es zentral, auf grundlegende Veränderungen der Mensch-Maschine-Interaktionen aufmerksam zu machen. In der Vergangenheit wurde für die funktionale Allokation des Computers bzw. der Maschine das (häufig kritisierte) sog. „leftover“-Prinzip angewendet (Wesche und Sonderegger 2019). Dieses Prinzip besagt, dass alles, was automatisiert werden kann, automatisiert werden sollte und dass der Mensch nur die Funktionen ausführen sollte, die aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht automatisiert wurden oder nicht automatisiert werden können (Hancock 2014). Im wissenschaftlichen Diskurs ist mittlerweile das kompensatorische Prinzip eher handlungsleitend für die Beurteilung von Mensch-Maschinen-Interaktionen (Wesche und Sonderegger 2019). Dieses Prinzip besagt, dass Funktionen auf der Grundlage von vorher festgelegten Stärken und Schwächen von Menschen und Computern zugewiesen werden sollten (Wesche und Sonderegger 2019). Nach diesem Verständnis wird es auch künftig Aufgabenbereiche geben, bei denen der Mensch die Hoheit behält (z. B. Rechtsentscheide). Normativ zu bestimmen ist darüber hinaus, in welchen Bereichen autonome, selbstlernende Systeme (z. B. selbstfahrende Autos) agieren dürfen und in welchen Bereichen das neue Verständnis der Augmentation, die Maschine bzw. KI als Partner, einen Mehrwert für die Gesellschaft bringen kann (z. B. im Zusammenspiel

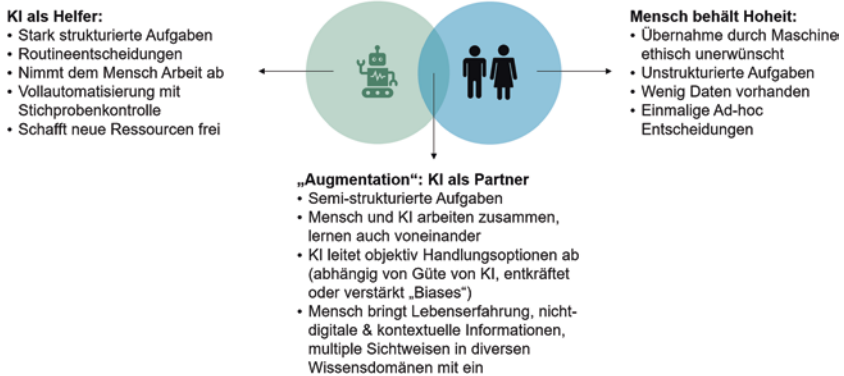


Abb. 1 Kompensatorisches Prinzip: Augmentation als neue Herausforderung (eigene Abbildung)

von Entscheidungsunterstützungssystemen auf der Basis von KI-basierten Methoden). Damit wird das neue Zusammenwirken von „Mensch und Maschine“ adressiert, wie zusammenfassend die nachfolgende Abbildung zeigt (Abb. 1):

Hilfreich scheint, die Stärken des Menschen und intelligenter Maschinen herauszuarbeiten. Zahlreiche Tätigkeiten, die Wissensarbeitern heute viel Zeit rauben, z. B. eine aufwendige Recherche, können künftig von KI-basierten Systemen übernommen werden. In der Zusammenarbeit mit der Maschine werden dadurch substantielle Qualitätssteigerungen möglich. Gesammeltes Wissen wird neu, besser und deutlich ökonomischer nutzbar. Dies erlaubt, Entscheidungen viel breiter abzustützen. Ohne den Menschen, der die Richtung vorgibt, liefern Maschinen aber weiterhin bruchstückhafte oder irrelevante Ergebnisse.

Entscheidungen sind auf allen Management-Ebenen zunehmend sowohl unter Berücksichtigung von computergestützten Datenanalysen als auch intuitiv zu treffen. Abzuwägen wäre somit, in welchen Fällen Algorithmen oder der Rückgriff auf Intuition in Form von kondensierter Erfahrung geboten scheint. Dabei geht es darum, Entscheidungsprozesse flexibel gestalten zu können, die Rolle von digitalen Hilfsmitteln zu verstehen und diese versiert anzuwenden. Ein KI-basierter kognitiver Assistent kann auf der Basis riesiger Datenmengen statistisch fundierte Vorschläge unterbreiten. Nichtsdestotrotz sind diese Resultate eingeschränkt. Die Vorschläge beziehen sich nur auf einen spezifischen Bereich, welcher der Maschine vorgegeben wird, und auf Fragestellungen, für die das System trainiert wurde. Der Mensch dagegen ist in der Lage, eine holistische Einschätzung der Situation vorzunehmen. Wissen ist daher nötig zu den Kompetenzen und Begrenzungen von

Maschinen einerseits und Mensch andererseits, um Entscheidungsprozesse adäquat gestalten zu können. Ferner scheint eine fachbezogene breite Grundbildung notwendig, um sachangemessen und möglichst auf der Basis von unverzerrten Informationen zu entscheiden. Dazu wäre ein Verständnis für die der KI zugrunde liegenden informatischen Zusammenhänge und der von ihr bearbeiteten Fachinhalte bedeutsam. In diesem Zusammenhang plädieren renommierte KI-Forscher für eine „Explainable Artificial Intelligence (AI)“, die auch als erklärbare oder transparente KI bezeichnet wird (Gunning und Aha 2019; Zanzotto 2019). Damit wird ein System beschrieben, in dem die KI Aktivitäten für den Menschen einfach nachvollziehbar sind. Diese Forderung ist für den Bildungsbereich grundsätzlich zu unterstützen. Eine transparente KI bietet die Chance, die Lernenden in ihrem kognitiven Lernprozess zu begleiten.

Neue Mensch-Maschine-Interaktionen führen zu veränderten Kompetenzanforderungen beim Menschen im Hinblick auf die Kommunikation (DeCanio 2016). Bei der Nutzung eines Computers ist die Anpassung an dessen Funktionsweise nötig. KI ermöglicht hier einen radikalen Wandel. Die Interaktion mit dem System wird für den Menschen natürlicher. Eine Kommunikation ist über Sprache und Gesten möglich. Nichtsdestotrotz gibt es entscheidende Unterschiede in der Kommunikation zwischen Menschen und Maschinen im Vergleich zur Kommunikation unter Menschen. Der Dialog ist rein sachbezogen und spezifisch in die Tiefe gehend. Ein Mensch würde einen reichhaltigeren, in die Breite gehenden Austausch initiieren – etwa mehr Kontext, Assoziationen und Metaphern einbringen. Darüber hinaus beinhaltet der Dialog zwischen Menschen noch drei weitere Ebenen: die Selbstkundgabe, die Beziehungsebene und den Appellcharakter. Für Menschen ist es wichtig, zwischen der Barrierefreiheit durch den sprachlichen Ausdruck und diesen Einschränkungen hinsichtlich der Kommunikationsebenen unterscheiden zu können. Es eröffnen sich zudem weitere Interaktionsmöglichkeiten mit der digitalen Welt, deren Chancen und Gefahren es zu ergründen gilt.

Eine weitere fundamentale Auswirkung von KI werden neue Möglichkeiten von Feedback- und Korrektursystemen mit KI-basierten Methoden sein. Die Rolle von Assessments könnte sich drastisch verändern (Holmes et al. 2019): „it is clear, that assessments have an oversized role to play in the change process, and as part of the AI-driven systems of (mostly formative) assessments“ (S. 38). Das Beispiel Lernnavi des Kantons St.Gallen stellt bereits ein adaptives Lern- und Förderinstrument für wenigstens einen Teilbereich der basalen fachlichen Kompetenzen für allgemeine Studierfähigkeit in Deutsch und Mathematik am Gymnasium zur Verfügung. Adaptive Lernsysteme richten sich individuell auf den jeweiligen Nutzer aus und passen Inhalte, die Intensität und die Form, wie diese Inhalte präsentiert werden, flexibel an. Lehrpersonen werden damit keinesfalls ersetzt, sondern sie

werden von Routineaufgaben entlastet und können damit Schülerinnen und Schüler individuell fördern, Schwächen aufarbeiten und Stärken gezielt weiterentwickeln. Insgesamt 80 % aller deutsch-schweizer Kantone werden das adaptive Förderinstrument Lernnavi künftig in den Mittelschulen nutzen. Ähnlich wie in der Medizin (personalisierte, auf individuelle Bedürfnisse abgestimmte Medikamente) unterstützen derartige intelligenzbasierte Förderinstrumente das personalisierte Lernen. Das Lernnavi basiert auf Methoden der KI und ist bereits auch ein Schritt in die Richtung, das Erreichen mindestens genügender basaler fachlicher Kompetenzen für allgemeine Studierfähigkeit noch lückenloser als bisher fördern zu können.

Aufgabe von Entscheidungsträgern und Führungskräften wäre es, eine Vision für die gelungene Partnerschaft von Menschen und Maschinen zu entwickeln, die auf Synergie durch komplementäre Kompetenzen abzielt. Gleichzeitig sind Rahmenbedingungen zu schaffen, um den Gefahren der KI, die insbesondere im Bereich des Daten- und Persönlichkeitsschutzes begründet liegen, entgegenzuwirken. Die Gesellschaft ist diesbezüglich an einem entscheidenden Punkt angelangt. Es gilt zu entscheiden, wie KI-basierte Technologien so eingesetzt werden können, dass sie demokratische Werte wie Freiheit, Gleichheit und Transparenz fördern und nicht behindern. Ähnlich wie bei der Diskussion über den Umgang mit dem Klimawandel sollte die heutige Generation in den (Hoch-) Schulen partizipativ in die Einbindung von KI-basierten Technologien eingebunden werden, denn sie sind maßgeblich von den Entwicklungen betroffen.

3 Computational Thinking als überfachliche Kompetenz des Problemlösens?

Eine der zentralen Konsequenzen der KI-Transformation stellt insbesondere die informatische Bildung (Computational Thinking) dar. Computational Thinking (CT) gilt als eine Kernkompetenz des 21. Jahrhunderts (Voogt et al. 2015). KI-Entwicklungen könnten jedes Studienfach und jede Profession in nahezu allen Branchen durchdringen. CT zielt darauf ab, den Menschen in die Lage zu versetzen, Methoden der Informatik für die Lösung von Problemen in einer Vielzahl an Domänen zu nutzen. Der wegweisende Artikel von Wing (2006) bildet den Ausgangspunkt für die aktuelle Diskussion über CT. Wing konzeptualisierte CT als „solving problems, designing systems, and understanding human behavior, by drawing on the concepts fundamental to computer science“ (Wing 2006, S. 33). Damit wird deutlich, dass es sich um eine technologiebasierte Problemlösungskompetenz handelt.

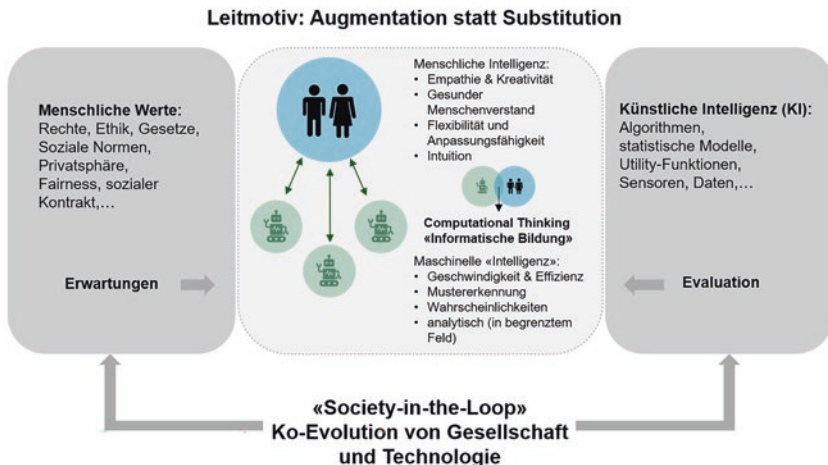


Abb. 2 Konzept der informatischen Bildung (Seufert und Guggemos 2020)

Die Bildungsforscher Grover und Pea der Stanford University zeigen auf, wie sich CT von einer bisherigen Problemlösungsheuristik unterscheiden könnte: „Learning CT is about learning like a computer scientist – developing a specific set of problem-solving skills that can be applied in any domain to creating solutions than can be executed by a ‚computer‘ (machine or human).“ (2017, S. 35) Aufgrund der Entwicklungen im Bereich KI ist die Bedeutung von CT zusätzlich gestiegen. CT wird im deutschsprachigen Raum häufig mit informatischer Bildung (Repenning 2018) übersetzt. Im Kontext einer neuen Mensch-Maschine-Interaktion und einer grundsätzlich veränderten, eher kompensatorischen Perspektive, die Stärken zwischenmenschlicher und künstlicher Intelligenz synergetisch zu verbinden, erhält CT eine neue, überfachliche, vor allem kognitiv geprägte Konnotation (vgl. nachfolgende Abb. 2).

Hinsichtlich der Begründung für die Aufnahme des CT in die obligatorische Schulbildung zeichnen sich nach Bocconi et al. (2016) zwei Haupttrends ab: (1) Entwicklung von CT-Fähigkeiten bei Kindern und Jugendlichen, um sie in die Lage zu versetzen, anders zu denken, sich über eine Vielzahl von Medien auszudrücken, reale Probleme zu lösen und alltägliche Probleme aus einer anderen Perspektive zu analysieren; und (2) Förderung der CT aus ökonomischen Gründen, um sich auf eine künftige Beschäftigung vorzubereiten (Bocconi et al. 2016).

Aufgrund weltweit identifizierter „digital skills gaps“ sind die Curricula der obligatorischen Schulbildung in allen Ländern entsprechend angepasst worden. Dabei ist der Trend zu beobachten, dass digitale Kompetenzen bzw. Medienkompetenzen – ein Konstrukt, das im deutschsprachigen Raum bildungstheoretisch eine lange Historie besitzt – bereits in der Primarschule gefördert werden sollten: „Every child should have the opportunity to learn concepts and principles from Computing (including both Information Technology and Computer Science) from primary school age onwards, and by age 14 should be able to choose to study towards a recognized qualification in these areas.“ (Royal Society 2012, S. 31)

Seit dem Durchgang im Jahr 2018 ist CT auch Gegenstand der International Computer and Information Literacy Study (ICILS). Diese Studie auf Sekundarstufe I wurde im Jahr 2013 erstmalig durchgeführt. Neben CT werden Information Literacy und Computer Literacy gemessen (Fraillon et al. 2019). Den Autoren der Studie nach handelt es sich bei CT um eine weitere, überfachliche Kompetenz im Sinne einer vertieften technologischen Literacy.

Die Studie von Webb et al. (2018) nimmt einen Ländervergleich über acht verschiedene Nationen vor. CT wird zwar in den verschiedenen Ländern in seinen Facetten unterschiedlich interpretiert. Dennoch zeigen die Studienergebnisse eindrücklich, dass sich die Implikationen von KI und machine learning insbesondere durch das fachübergreifende Verständnis von CT in den Curricula bemerkbar machen.

Über die Ausdifferenzierung von CT in Kompetenzfacetten herrscht noch kein Konsens. Das Rahmenkonzept von Brennan und Resnick (2012) dient oft als theoretische Grundlage für CT. Es umfasst drei Dimensionen (ebd., S. 3–11):

1. „Computational concepts“ sind Denkmuster: 1. Logik und logisches Denken, 2. Algorithmen und algorithmisches Denken, 3. Muster und Mustererkennung, 4. Abstraktion und Generalisierung, 5. Evaluation und 6. Automation (nach Grover und Pea 2017);
2. „Computational practices“ sind Prozesse für Problemlösungen: 1. Problemzerlegung, 2. computational Artefakte entwickeln, 3. Testen und „debuggen“, 4. Iterative Verfeinerung (inkrementelle Entwicklung) sowie 5. Kollaboration und Kreativität (als Teil eines breiteren Verständnisses von Schlüsselkompetenzen des 21. Jahrhunderts) (nach Grover und Pea 2017);
3. „Computerperspektiven“ sind Verschiebungen der Perspektiven, der Beziehung zu anderen und der digitalen Welt (shift in world view); beispielsweise sollten junge Menschen sich mit Fragen der Technologie auseinandersetzen: „I can (use computation to) ask questions to make sense of (computational things in) the world.“ (Brennan und Resnick 2012, S. 11)

Die grundlegende Idee von CT ist es daher, dass Lernende nicht nur technikkundig sind (im Sinne von „digital literacy“), sondern rechnergestützte Werkzeuge, computational tools (zunehmend auch KI Tools) zur Lösung von Problemen in einer veränderten Denkweise einsetzen können (Grover und Pea 2013). Repenning (2019) sieht in CT deshalb eine zentrale Kernkompetenz, weil damit eine neue Interdisziplinarität gefördert werden kann, Zusammenhänge der Disziplinen verstanden und genutzt werden können. In diesem Zusammenhang versteht Repenning (2018) Interdisziplinarität als eine kombinierte und oft problemlösungsorientierte Nutzung von Ansätzen, Denkweisen und Methoden aus verschiedenen Fachgebieten. Interdisziplinarität benötigt einen gut funktionierenden Verständigungsprozess, um eine gemeinsame Sprache und ein gemeinsames Verständnis zwischen den verschiedenen Interessengruppen zu ermöglichen (Yadav et al. 2018). CT könnte daher künftig wie eine „Verständigungssprache“ zwischen den unterschiedlichen Disziplinen wirken.

Grover und Pea (2017, S. 35) nehmen im Gegensatz dazu eine differenziertere Sichtweise ein: „By observing what kind of thinking computer scientists activate when they engage in problem solving, we find that CT encompasses the following concepts and practices. The inclusion of the practices view to CT concepts, is in keeping with the ‚thinking like a ‘domain expert’ notion‘ and describes the behaviors that domain experts engage in the field.“ Ungeklärt ist daher bislang noch die Frage, wie CT nun in die unterschiedlichen Fächer bzw. Fachbereiche („the missing link to computational thinking“) integriert werden soll (Pollak und Ebner 2019). Die Einbeziehung von CT in die Mathematik-, Informatik- und naturwissenschaftlichen Fächer wird häufig durch die rechnergestützte Modellierung und die Erstellung von Simulationen vorgeschlagen. Auf dieser Grundlage liefern beispielsweise Weintrop et al. (2016) eine Taxonomie mit vier Kategorien, um CT zu operationalisieren: Datenpraktiken, Praktiken zur Modellierung und Simulation, Problemlösungspraktiken und Praktiken des Systemdenkens. Jede dieser Kategorien besteht aus einer Teilmenge von fünf bis sieben Praktiken.

Die Rolle von CT in nicht-naturwissenschaftlichen Fächern wie Musik, bildende Künste, Geschichte, Sprachen oder sozialwissenschaftliche Fächer ist bislang wenig geklärt. Auch besteht die immer wiederkehrende Kritik an der CT-Ausbildung, dass damit eher nur analytisch denkende Lernende angesprochen werden. Daher plädieren CT-Forschergruppen (z. B. Rode et al. 2015; Pollak und Ebner 2019) in neueren Ansätzen dafür, die „Maker Bewegung“ und damit verbunden eine neu entstandene „DIY-(Do-it-yourself) Kultur“ zu nutzen, um Lernende unterschiedlicher Herkunft und Altersgruppen miteinander interagieren und voneinander lernen zu lassen. Darüber hinaus unterstützt die Maker-Bewegung, eher abstrakte Lerngegenstände (wie z. B. Internet der Dinge) durch direktes Tun und haptische Lernvorgänge besser zu verstehen. Maker-Movement ist in zweierlei

Hinsicht mit gesellschaftlichen Herausforderungen verbunden: Einerseits ist zu beobachten, dass Kinder und Jugendliche aufgrund der Digitalisierung heutzutage immer weniger basteln und tüfteln (z. B. Games, eSport) und Freizeitaktivitäten sich verändern, wie z. B. weniger gemeinsam etwas zu reparieren (Ratto 2011). Dadurch besteht die Gefahr, dass feinmotorische Fähigkeiten und handwerkliches Geschick immer mehr verkümmern. Andererseits entwickeln sich immer mehr DIY- („do it yourself“) -Konzepte in unserer Gesellschaft und Kunden werden z. B. immer mehr in Co-Creation Prozesse eingebunden, um Produkte und Dienstleistungen gemeinsam zu verbessern (Seufert 2017).

Auf dieser Grundlage plädieren einige CT Forschergruppe (z. B. Rode et al. 2015; Grover und Pea 2017) dafür, CT zu Computational Making zu erweitern, um das haptische Lernen und das Potenzial greifbarer Schnittstellen zur Unterstützung des Lernens zu berücksichtigen (z. B. in Form von Projektarbeiten mit smarten Textilien). Als Taxonomie in diesem Bereich schlagen die Autoren fünf Schlüsselfaktoren zur Erweiterung des CT-Ansatzes vor: Ästhetik, Kreativität, Konstruktion, Visualisierung multipler Repräsentationen und das Verständnis für Materialien, um damit vor allem auch die individuelle Kreativität und die Zusammenarbeit in heterogenen Teams anzusprechen.

4 Augmentationsstrategien für die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine?

Als weitere, zentrale Konsequenz der KI-Transformation soll auf das Konzept der Augmentation bzw. Augmentationsstrategien eingegangen werden, die künftig in der Personalentwicklung stärker Berücksichtigung finden könnten. Davenport und Kirby (2016) skizzieren in diesem Kontext fünf Augmentationsstrategien für die persönliche Weiterentwicklung. Diese fünf Entwicklungsoptionen sind allgemein formuliert. Sie gelten für unterschiedlichste Berufsgruppen. Davenport und Kirby haben vor allem Wissensarbeiter*innen, wie zum Beispiel Rechtsanwälte oder Fachleute aus Bereichen wie Finanzdienstleistungen oder Marketing, im Blick. Diese Augmentationsstrategien sind auch für die Lehrprofession interessant, da sie die unterschiedlichen Entwicklungsperspektiven der KI-Transformation mit aufnimmt, wie die folgende Tabelle aufzeigen kann (Tab. 1):

Die kontinuierliche Weiterentwicklung der KI-basierten Systeme stellt ein zentrales Erfolgsmerkmal dar. Den erforderlichen Transformationsprozess hierfür kann mittels der dargestellten Augmentationsstrategien das Zusammenwirken der notwendigen Akteure bewirken. Damit wird ein Zyklus für die Anwendung von Data Mining mit KI-basierten System gewährleistet (vgl. nachfolgende Abbildung) (Abb. 3).

Tab. 1 Augmentationsstrategien (Seufert et al. 2019 in Anlehnung an Davenport und Kirby 2016)

Augmentationsstrategien	Mehrwert des Menschen gegenüber „smarten“ Maschinen	Beispiel für den Einsatz in der Lehrprofession
<i>Step In</i>	Überwachung und Verbesserung der automatisierten Entscheidung der Maschine	Überwachung von Lernanalysen zur Verbesserung des (Algorithmen gesteuerten) Empfehlungssystems für digitale Inhalte
<i>Step Up</i>	Strategische Entscheidungen über die Einführung und Einbindung von KI-Systemen treffen (z. B. ethische Beurteilungen, Datenschutz etc.)	Management-Entscheidungen über die ethische Verwendung von personalisierten Nutzerdaten zur Verbesserung intelligenter Lernsysteme
<i>Step Forward</i>	Beteiligung an der Entwicklung von Technologien, die KI-basierte Lernsysteme unterstützen	Einbringen von Fachwissen für die Entwicklung einer neuen intelligenten Maschine, z. B. Chatbots zur Beratung über Lernpfade
<i>Step Aside</i>	Auswahl einer Aufgabe, die Maschinen nicht gut können, wie z. B. motivieren oder moderieren, die aber durch KI-Systeme unterstützt werden kann	Lernbegleitung und Leistungsberatung, unterstützt durch geeignete digitale Werkzeuge und personalisierte, intelligente Lernsysteme
<i>Step Narrowly</i>	Ein Spezialgebiet in einem bestimmten Berufsfeld finden	Design Thinking-Moderationen zur Gestaltung von Lösungen für eine Kultur des nachhaltigen Lernens und der Innovation

Lehrende könnten mittels KI-basierter Förderinstrumente darin unterstützt werden, noch stärker eine Coaching Rolle im Sinne der Step Aside-Augmentationsstrategie wahrzunehmen. Auch die Lernenden können damit Reflexionsimpulse erhalten, um ihre eigenen Lernprozesse wirksamer zu planen und ihre metakognitiven Lernstrategien weiter zu entwickeln. Fachexperten*innen in der Wissensdomäne könnten sich künftig als Datenanalytist*innen (Learning Analytics Spezialisten) mit der Step In Strategie einbringen, indem sie die gewonnenen Daten analysieren, interpretieren und ggf. Muster erkennen, um daraus weitere Entwicklungen entweder das System betreffend oder auch bezogen auf zusätzliche pädagogische Interventionen abzuleiten. Mit Step Forward sind die KI-Entwickler*innen gefordert, das System aufgrund der gewonnenen Daten zu verbessern bzw. zu trai-

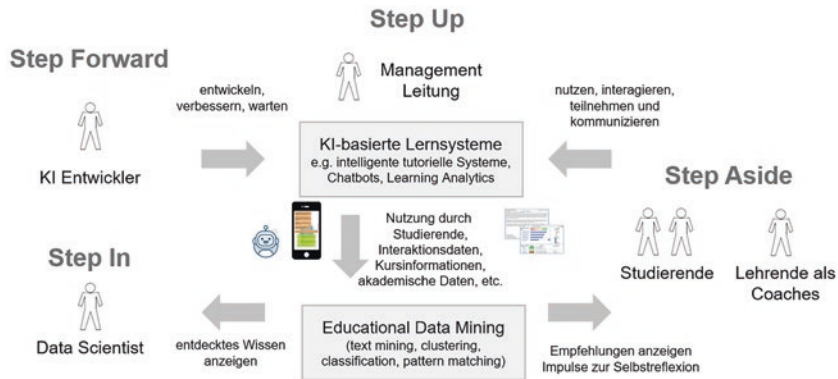


Abb. 3 Augmentationsstrategien für das Management von KI-Systemen (Seufert et al. 2019)

nieren. Dabei ist wichtig, interdisziplinäre Teams aus KI-Entwickler*innen sowie aus der Wissensdomäne zusammenzusetzen.

Nicht zu vernachlässigen ist darüber hinaus die Step Up-Augmentationsstrategie. Auf Seiten der (Hoch-) Schulleitung sind Fragen des Datenschutzes und des Umgangs mit persönlichen Daten zu klären, um das oberste Prinzip der Transparenz zu gewährleisten. Dabei sind auch ethische Normen durch die Anwendung von KI zu diskutieren, die sich potenziell auf die Motivation der Lernenden auswirken können.

5 Fazit zur Zukunft einer „smarten Bildung“

Die Digitalisierung berührt alle Lebensbereiche und damit ebenso die Schule, Hochschule sowie Aus- und Weiterbildung. Deshalb sind auch in den jeweiligen Bildungskontexten die Ziele und der Unterricht bzw. Maßnahmen der Kompetenzentwicklung zur Erreichung der Ziele bezüglich Anpassungsbedarf zu hinterfragen. Die fortgeschrittene Digitalisierung – KI-Transformation – verändert darüber hinaus auch die Potenziale der Unterrichtsdidaktik und kann insbesondere helfen, individualisierende und adaptive Unterrichtskonzepte besser als bisher zu realisieren.

Für Bildungsorganisationen ergeben sich Chancen sowie Gefahren der zweiten Welle der Digitalisierung, insbesondere Learning Analytics und KI-basierte Lernsysteme produktiv zu nutzen: Lernende sollen für ihre eigenen Lernprozesse eine individualisierte Unterstützung erhalten und somit im personalisierten Lernen gefördert werden. Die effektive und effiziente Kompetenzentwicklung der Lernenden könnte dabei im Zentrum der Überlegungen stehen. Im vorliegenden Beitrag wurde

dafür plädiert, ein gewisses Technikverständnis, Computational Thinking, als neue, überfachliche Problemlösungskompetenz sowie die Herausforderungen der Augmentation in neuen Mensch-Maschinen-Interaktionen für alle Mitglieder*innen in einer Organisation als relevant zu erachten.

Literatur

- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing Computational Thinking in Compulsory Education-Implications for policy and practice*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: <https://doi.org/10.2791/792158>.
- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design. *Paper presented at annual American Educational Research Association meeting*, Vancouver, BC, Canada.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: Norton.
- Davenport, T. H., & Kirby, J. (2016). Just how smart are smart machines?. *MIT Sloan Management Review*, 57(3), p. 21–25.
- DeCano, S. J. (2016). “Robots and humans – complements or substitutes?” *Journal of Macroeconomics*, 49, p. 280–291.
- Frailon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Duckworth, D. (2019). *Preparing for Life in a Digital World: IEA International Computer and Information Literacy Study 2018 International Report*. Amsterdam: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). <https://www.iea.nl/publications/study-reports/preparing-life-digital-world>. Zugegriffen: 26.11.2021.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12. A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), p. 38–43.
- Grover, S., & Pea, R. (2017). *Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come*. doi: <https://doi.org/10.5040/9781350057142.ch-003>.
- Gunning, D., & Aha, D. (2019). DARPA’s Explainable Artificial Intelligence (XAI) Program. *AI Magazine*, 40(2), 44–58. <https://doi.org/10.1609/aimag.v40i2.2850>
- Hancock, P. A. (2014). Automation: How much is too much? *Ergonomics*, 57(2014), p. 449–454, doi: <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.816375>.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education. Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston: The Center for Curriculum Redesign.
- Jarrahi, M. H. (2018). “Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making”. *Business Horizon*, 61, p. 577–586.
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, p. 46–60.
- Pollak, M., & Ebner, M. (2019). The Missing Link to Computational Thinking. *Future Internet* 11(12), p. 263–278. doi: <https://doi.org/10.3390/fi11120263>.

- Ratto, M. (2011). Critical making: Conceptual and material studies. *The Information Society: An International Journal*, 27, p. 252–260.
- Repenning, A. (2018). *Design-based Research und Computational Thinking*. Unveröffentlichtes Papier zur Forschungsstrategie, Windisch: PH FHNW.
- Repenning, A. (2019). *Warum Interdisziplinarität die Grundlage für Computational Thinking ist?* <https://www.societybyte.swiss/2019/07/08/computational-thinking/>. Zugegriffen: 26.11.2021.
- Rode, J. A., Weibert, A., Marshall, A., Aal, K., von Rekowski, T., El Mimouni, H., & Booker, J. (2015). *From Computational Thinking to Computational Making*. In Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, Osaka, Japan, 7–11 September 2015.
- Royal Society (2012). *Shut down or restart: The way forward for computing in UK schools*. <http://royalsociety.org/education/policy/computing-in-schools/report>. Zugegriffen: 27.12.2021.
- Seufert, S., & Guggemos, J. (2020). Zukunft Gymnasium: Welche Auswirkungen hat die fortgeschrittene Digitalisierung? *Congress of the Swiss Society for Educational Research*, Biel, 02.09.2020.
- Seufert, S., Guggemos J., & Moser, L. (2019). Digitale Transformation in Hochschulen – auf dem Weg zu offenen Ökosystemen. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 14(2), S. 85–107.
- Seufert, S. (2017). *Digital competences Paper commissioned by the Swiss Science and Innovation Council SSIC*. https://www.swir.ch/images/stories/pdf/en/Exploratory_study_3_2017_Excerpt_Digital_Competences_SSIC_EN.pdf. Zugegriffen: 26.11.2021.
- Stern, E., & Grabner, R. (2014). *Die Erforschung menschlicher Intelligenz*. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-34805-1_7.
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20, p. 715–728. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-015-9412-6>. Zugegriffen: 26.11.2021.
- Wahlster, W. (2017). Künstliche Intelligenz als zweite Welle der Digitalisierung. *IM+io Das Magazin für Innovation, Organisation und Management*, 2. http://www.wolfgangwahlster.de/wordpress/wp-content/uploads/KI_als_Treiber_der_zweiten_Digitalisierungswelle.pdf. Zugegriffen: 26.11.2021.
- Webb, M. E., Bell, T. Davis, N., Katz, Y. J., Fluck, A., Sysło, M. M., Kalaš, I., Cox, M., Angeli, C., Malyn-Smith, J., Brinda, T., Micheuz, P., & Brodnik, A. (2018). *Tensions in specifying computing curricula for K-12: Towards a principled approach for objectives*. doi: <https://doi.org/10.1515/itit-2017-0017>.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Kemi, J., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25, p. 127–147.
- Wesche, J. S., & Sonderegger, A. (2019). When computers take the lead: The automation of leadership. *Computers in Human Behavior*, 101, p. 197–209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.07.027>.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), p. 33–35. doi: <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Yadav, A., Good, J., Voogt, J., & Fisser, P. (2018). Computational Thinking as an Emerging Competence Domain. In M. Mulder (Ed.), *Technical and Vocational Education and Train-*

ning: Vol. 23. Competence-based Vocational and Professional Education: Bridging the Worlds of Work and Education (1st ed., Vol. 23, 1051–1067). Cham: Springer International Publishing.

Zanzotto, F. M. (2019). Human-in-the-loop Artificial Intelligence. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 64, p. 243–252.