

Commentarii informaticae didacticae | 13

Artikel erschienen in:

Jörg Desel, Simone Opel, Juliane Siegeris (Hrsg.)

Hochschuldidaktik Informatik HDI 2021

9. Fachtagung des GI-Fachbereichs Informatik und Ausbildung/Didaktik der Informatik 15.–16. September 2021 in Dortmund

(Commentarii informaticae didacticae (CID) ; 13)

2023 – 299 S.

ISBN 978-3-86956-548-4

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-56507>

Empfohlene Zitation:

David Baberowski; Thiemo Leonhardt; Susanne Rentsch; Nadine Bergner: Aufbau informatischer Kompetenzen im Kontext KI bei Lehramtsstudierenden des Faches Politik, In: Hochschuldidaktik Informatik HDI 2021, Jörg Desel, Simone Opel, Juliane Siegeris (Hrsg.), Potsdam, Universitätsverlag Potsdam, 2023, S. 189–209.

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-61599>

Soweit nicht anders gekennzeichnet ist dieses Werk unter einem Creative Commons Lizenzvertrag lizenziert: Namensnennung 4.0. Dies gilt nicht für zitierte Inhalte anderer Autoren:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de>

Aufbau informatischer Kompetenzen im Kontext KI bei Lehramtsstudierenden des Faches Politik

David Baberowski¹, Thiemo Leonhardt¹, Susanne Rentsch², Nadine Bergner¹

Abstract: Lehrkräfte aller Fächer benötigen informatische Kompetenzen, um der wachsenden Alltagsrelevanz von Informatik und aktuell gültigen Lehrplänen gerecht zu werden. Beispielsweise verweist in Sachsen der Lehrplan für das Fach Gemeinschaftskunde, Rechtserziehung und Wirtschaft am Gymnasium mit dem für die Jahrgangsstufe 11 vorgesehenem Thema „Digitalisierung und sozialer Wandel“ auf Künstliche Intelligenz (KI) und explizit auf die Bedeutung der informatischen Bildung. Um die nötigen informatischen Grundlagen zu vermitteln, wurde für Lehramtsstudierende des Faches Politik ein Workshop³ erarbeitet, der die Grundlagen der Funktionsweise von KI anhand von überwachtem maschinellen Lernen in neuronalen Netzen vermittelt⁴. Inhalt des Workshops ist es, mit Bezug auf gesellschaftliche Implikationen wie Datenschutz bei Trainingsdaten und algorithmic bias einen informierten Diskurs zu politischen Themen zu ermöglichen. Ziele des Workshops für Lehramtsstudierende mit dem Fach Politik sind: (1) Aufbau informatischer Kompetenzen in Bezug zum Thema KI, (2) Stärkung der Diskussionsfähigkeiten der Studierenden durch passende informatische Kompetenzen und (3) Anregung der Studierenden zum Transfer auf passende Themenstellungen im Politikunterricht. Das Evaluationskonzept umfasst eine Pre-Post-Befragung zur Zuversicht zur Vermittlungskompetenz unter Bezug auf maschinelles Lernen in neuronalen

1 TU Dresden, Didaktik der Informatik, Nöthnitzer Straße 46, 01187 Dresden, Deutschland david.baberowski@tu-dresden.de <https://orcid.org/0000-0001-6308-4334> | thiemo.leonhardt@tu-dresden.de <https://orcid.org/0000-0003-4725-9776> | nadine.bergner@tu-dresden.de <https://orcid.org/0000-0003-3527-3204>

2 TU Dresden, Didaktik der politischen Bildung, Bergstraße 53, 01069 Dresden, Deutschland susanne.rentsch1@tu-dresden.de <https://orcid.org/0000-0001-6966-0451>

3 Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2017B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

4 Der Beitrag ist eine Überarbeitung von [Ba21] und enthält die Auswertung von Daten neuer Durchführungen.

Netzen im Unterricht, sowie die Analyse einer abschließenden Diskussion. Für die Pre-Post-Befragung konnte eine Steigerung der Zuversicht zur Vermittlungskompetenz beobachtet werden. Die Analyse der Diskussion zeigte das Bewusstsein der Alltagsrelevanz des Themas KI bei den Teilnehmenden, aber noch keine Anwendung der informatischen Inhalte des Workshops zur Stützung der Argumente in der Diskussion.

Keywords: informatische Grundkompetenzen; Lehramtsstudium; KI; maschinelles Lernen; fächerverbindend

1 Motivation

Neben der Ausbildung der fachdidaktischen und medienpädagogischen Kompetenzen aller Lehramtsstudierenden sind informatische Grundkompetenzen (IGK) nötig, um digitalisierungsbezogene Entwicklungen in allen Fächern diskutieren und analysieren zu können [Ga17] [Hu20] [Ku21].

Eine Integration von relevanten informatischen Inhalten kann sowohl in Fachveranstaltungen als auch in Informatikveranstaltungen für Lehramtsstudierende aller Fächer erfolgen [LH19], welche aufgrund der heterogenen Zielgruppe im Bezug auf informatische Inhalte breit aufgestellt sein müssen. Der fachspezifische Ansatz ermöglicht die Betrachtung von passgenauen Aspekten der jeweiligen Fachdidaktik. In diesem Beitrag wird ein Workshop zum Thema „Künstliche Intelligenz und Politik“, der diesen Ansatz verfolgt, vorgestellt und evaluiert.

Im Fall des Lehramtsfachs Politik⁵ lassen sich über das Themenfeld Künstliche Intelligenz (KI) aufgrund der gesellschaftlichen Auswirkungen KI-basierter Informatiksysteme sinnvolle Berührungspunkte zwischen politischen und informatischen Kompetenzen konstruieren. Algorithmische Systeme, die in der Alltagswelt bereits an vielen Stellen gesellschaftliche Kommunikations- und Partizipationsprozesse beeinflussen, werfen für die Politikdidaktik zentrale Fragen auf, die nur auf Basis informatischer Grundkompetenzen reflektiert und diskutiert werden können: Wie wirken sich algorithmisch verstärkte Filterblasen und Echokammern auf Multiperspektivität und demokratischen Zusammenhalt

5 Das Fach wird in den Bundesländern unterschiedlich benannt, beispielsweise Gemeinschaftskunde, Recht und Wirtschaft in Sachsen. Im Folgenden findet zusammenfassend die Bezeichnung Politik Verwendung.

aus? Welche Strategien zum Umgang mit medialen Informationsangeboten werden im Kontext von Deep Fakes und Automated Journalism benötigt? Welche Auswirkungen haben Fälle von Algorithmic Bias auf Chancengleichheit und soziale Gerechtigkeit?

Ein wichtiger Aspekt der politikdidaktischen Vertiefung ist die Auseinandersetzung mit aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen und dem Erwerb von Handlungsstrategien, die soziale Teilhabe und demokratische Partizipation ermöglichen [Sä19]. KI nimmt als gesamtgesellschaftliche Schlüsseltechnologie systematisch Einfluss auf politische, mediale und soziale Kommunikationsprozesse, auf die Struktur der Arbeitswelt und auf das gesellschaftliche Zusammenleben als Ganzes [HK22]. Die politische Bildung in der Lehramtsausbildung steht damit vor der Aufgabe, KI aus einer gezielt fachdidaktischen Perspektive zu untersuchen, dabei die gesellschaftlichen Potenziale und Herausforderungen von KI zu diskutieren und die Erkenntnisse auf relevante Bildungsziele und -inhalte im Kontext politischer Lernprozesse zu übertragen. Dazu sollten Lehrkräfte des Faches Politik über ein Grundverständnis der Funktionsweise und des Prozesses des maschinellen Lernens (ML) als Teilgebiet von KI verfügen, um eine eigene fundierte Position zum gesellschaftlichen Umgang mit KI beziehen zu können.

Ausgehend von dieser Analyse ist in Zusammenarbeit mit der Fachdidaktik für politische Bildung an der TU Dresden ein Workshop zum Thema „KI und Politik“ entwickelt, pilotiert und überarbeitet worden, der in Veranstaltungen der fachdidaktischen Ausbildung des Staatsexamensstudiengangs Lehramt Gemeinschaftskunde integriert wurde. Die inhaltliche und didaktische Konzeption, die Materialien des Workshops sowie die aktuellen Auswertungsdaten sind im Open Science Framework veröffentlicht.⁶

2 Existierende Ansätze

ML als Teilgebiet von KI in Lehr-Lernszenarien zu integrieren, ist auf mehreren Ebenen Gegenstand informatikdidaktischer Forschung. Eine Möglichkeit der Strukturierung der Inhalte bildet die Orientierung an den Unterarten von ML (überwacht, unüberwacht, verstärkt). Diese unterscheiden sich zwar in den möglichen Anwendungsszenarien, bauen aber jeweils auf dem grundlegenden

6 Die Projektdaten sind unter der Lizenz CC-BY Attribution 4.0 International veröffentlicht. DOI 10.17605/OSF.IO/HR2ZM.

Prinzip des Trainings anhand von Beispieldaten auf [SMR20]. Die Vermittlung dieses Prinzips ist daher stellvertretend durch die Betrachtung einer Unterart möglich.

Da ML ein komplexer und hochautomatisierter Prozess ist, sind interaktive Visualisierungen und Werkzeuge zur Dekomposition dieser Informatiksysteme notwendig und somit ebenfalls Gegenstand informatikdidaktischer Betrachtung [SGB21]. In einer Untersuchung zum aktuellen Stand der verfügbaren Visualisierungen wurden drei grundlegende Ansätze (dataflow, block-based, workflow) identifiziert, bei denen jeweils unterschiedliche Aspekte von ML im Vordergrund stehen [Gr21]. Während die dataflow- und block-based-zentrierten Ansätze gut geeignet scheinen, informatische Aspekte wie die Aggregation und Strukturierung von Daten sowie die Modellierung von neuronalen Netzen zu thematisieren, werden beim workflow-zentrierten Ansatz die grundlegenden Prinzipien und Schritte bei der Arbeit mit maschinellem Lernen oft auf einer allgemeineren Ebene betrachtet, was Lernenden ohne informatische Vorkenntnisse entgegenkommen kann. Die Webapplikation TeachableMachine⁷ ermöglicht die Interaktion mit überwachtem ML über den workflow-zentrierten Ansatz. Außerdem existieren Lernmaterialien und Unterrichtsentwürfe, mit denen das Tool zur Betrachtung der technischen Grundlagen und ethischen Aspekte von ML ohne Vorkenntnisse verwendet werden kann [Ho19].

3 Didaktische Reduktion

Da bei den Lehramtsstudierenden des Faches Politik nicht von Vorkenntnissen bezüglich ML ausgegangen werden kann, ist eine zielgruppenorientierte, didaktische Reduktion des Themenkomplexes notwendig. Die Integration informatischer Ziele und Inhalte in ein politikdidaktisches Seminar setzt eine Einordnung politikdidaktischer Zielvorstellungen in den Kontext informatischer Kompetenzen voraus. Wie die Informatik selbst, ist auch die politische Bildung multiperspektivisch und interdisziplinär angelegt [Sc13, S. 229–230]. Im Fokus der politischen Bildung steht die Frage, wie junge Menschen in der Entwicklung politischer Mündigkeit unterstützt werden können. Mündigkeit meint hier die Fähigkeit, sich selbstbestimmt und eigenverantwortlich in einer Gesellschaft zu orientieren, politische Fragestellungen kompetent zu beurteilen und sich in öffentlichen Angelegenheiten zu engagieren [De04, S. 9]. Diese

7 <https://teachablemachine.withgoogle.com>, letzter Zugriff: 02.02.2023

Ziele lassen sich in einer Informationsgesellschaft, die vom stetig wachsenden Einfluss der Digitalisierung geprägt ist, ohne den Erwerb informatischer Grundkompetenzen nicht verwirklichen. Um die Entwicklung von Mündigkeit und Selbstbestimmtheit zu fördern, strebt die politische Bildung Kompetenzentwicklungen insbesondere in den folgenden drei Bereichen an: Politische Urteilsfähigkeit, politische Handlungsfähigkeit und methodische Fähigkeiten [De04, S. 13]. Reflektierte Urteile zu den gesellschaftlichen Auswirkungen von Informatiksystemen zu entwickeln oder gesellschaftliche Partizipation und selbstbestimmtes Informieren im Kontext von Digitalisierungsprozessen einzuüben setzt dabei unerlässlich immer auch grundlegende informatische Kompetenzen voraus.

Deshalb wurden für den Workshop (1) der Aufbau informatischer Kompetenzen im Kontext maschinellen Lernens als Teilgebiet von KI, (2) die Stärkung der Diskussionsfähigkeiten der Studierenden durch passende informatische Kompetenzen und (3) die Anregung der Studierenden zum Transfer auf passende Themenstellungen im Politikunterricht, als Ziele gesetzt. Die didaktische Betrachtung erfolgt nach dem Ansatz der systemorientierten Didaktik [Ma03].

3.1 Systemorientierter Ansatz

Die Lehramtsstudierenden der Fachdidaktik der politischen Bildung sollen sich in das Thema KI so einarbeiten, dass sie den Prozess der Entwicklung von KI-Systemen durch maschinelles Lernen nachvollziehen und in ersten Schritten selbst durchführen können. Dadurch soll es den Studierenden möglich werden, die Erstellung von KI-Systemen als sozialverträgliche Technikgestaltung in einem interessen geleiteten Entscheidungsprozess zu erleben. Die Erkenntnis, eine zuvor nicht durchschaubare Blackbox durch aktive Schritte selbst gestalten zu können, soll einen differenzierteren Blick auf das Thema KI bei den Studierenden erzeugen.

Dafür wird nach dem Ansatz der systemorientierten Didaktik eine Dekonstruktion eines KI-Systems vorgenommen, um so die Grundlage für eine Handlungskompetenz im Umgang mit diesem zu legen, die anschließend zur Vermittlung der Kompetenzen der politischen Bildung im eigenen Unterricht genutzt wird. Künstliche neuronale Netzwerke im Kontext von maschinellem Lernen werden als soziotechnische Informatiksysteme begriffen, die sich aus den Komponenten Hardware, Software und Interessensgruppen zusammensetzt.

Die Verzahnung von technischen und sozialen Aspekten ist dabei ein wesentliches Ziel. Die Dekonstruktion ist zwar themenabhängig nicht unbedingt für den Anfangsunterricht geeignet [Sc03], bietet aber durch die Multiperspektivität einen vielversprechenden Ansatz zur Ausbildung der Kompetenzen der politischen Bildung. Die Schwierigkeit der Konzeption besteht demnach in der Festlegung der passenden fachlichen Tiefe der zu vermittelnden Komponenten aus der Dekonstruktion. Der hier entwickelte Ansatz setzt sich aus mehreren Perspektiven zusammen (vgl. Tabelle 1), die im Folgenden näher erläutert werden.

Tab. 1: Neuronales Netz als soziotechnisches Informatiksystem

Neuronales Netz	
Hardware	Eingabegeräte, Prozessor, Ausgabegeräte
Software	Neuronales Netz, Trainingsdaten, Trainingsprozess/Trainingsfunktion
Interessensgruppen	Anwender:innen, Entwickler:innen

3.2 Komponenten der Dekonstruktion

Um die Besonderheiten von maschinellem Lernen gegenüber klassischem Implementieren von Algorithmen korrekt einordnen zu können, werden beide Ansätze gegeneinander abgegrenzt und im Folgenden als *trainierte* bzw. *formulierte* Software und Algorithmen bezeichnet. Während bei ML das automatisierte Generieren von Algorithmen (*Training*) im Mittelpunkt des Workshops steht, wird beim klassischen Implementieren auf das Beschreiben von Handlungsanweisungen (*Formulieren*) fokussiert. ML in neuronalen Netzen wird anhand von Softwarebeispielen in einen sozialen Kontext gesetzt, indem Datenschutz bei Trainingsdaten und algorithmic bias als direkte Auswirkungen auf das gesellschaftliche Leben thematisiert werden. Die Betrachtung des Informatiksystems aus der Perspektive Hardware erfolgt durch eine Reduzierung auf das EVA-Prinzip (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe).

Aus der Perspektive Software wird die Entstehungsweise von Verarbeitungsregeln in Form von neuronalen Netzen betrachtet. Diese wird weiter zerlegt,

um die Funktionsweise der in Schichten angeordneten Neuronen verständlich zumachen. Zusätzlich wird der Trainingsprozess von der Anwendung eines neuronalen Netzes getrennt betrachtet und von den Teilnehmenden erprobt. Das Unterteilen von Informatiksystemen und Algorithmen in die Bestandteile Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe basiert auf den Empfehlungen für Bildungsstandards der Gesellschaft für Informatik (GI) [Ge08] insbesondere im Inhaltsbereich „Informatiksysteme“. Übertragen auf die Perspektive Software werden Gemeinsamkeiten *trainierter* und *formulierter* Algorithmen herausgestellt. Der Kontext, in den das neue Wissen eingebettet wird, hilft dabei Erfahrungen und Konzepte aus dem Alltag einzuordnen. Das ist insbesondere deshalb sinnvoll, da trainierte Algorithmen etwa zur Gesichtserkennung und Segmentierung häufig in Verbindung mit klassisch programmierten Anwendungen wie Instagram auftreten.

Durch die Einordnung von KI als disruptive Technologie kann schnell der Eindruck entstehen, *trainierte* und *formulierte* Software, wären grundverschieden, obwohl es viele verbindende Aspekte gibt. Um an klassisch programmierte Software aus der Alltagserfahrung anknüpfen zu können, wird die Formulierung eindeutiger Verarbeitungsregeln betrachtet. Diese Regeln werden ohne eine Syntax in natürlicher Sprache vorgestellt, um den Einstieg zu erleichtern. Den Teilnehmenden werden die Schwierigkeiten bei der Entwicklung von generalisierten Lösungsverfahren demonstriert. So soll ein Verständnis dafür erlangt werden, dass dieses Vorgehen besonders dann an seine Grenzen stößt, wenn eine Lösungsstrategie im Allgemeinen auf menschlicher Intuition beruht. Dabei soll die Fehlvorstellung vermieden werden, dass diese Schwierigkeiten sich auf die Ausführung der Verarbeitungsregeln beziehen. Stattdessen wird herausgestellt, dass die Grenzen von *formulierten* Algorithmen in dem Entwurf dieser Regeln liegen.

Da künstliche neuronale Netze ein implementiertes Modell sind, werden diese hier als Softwarekomponente der Dekonstruktion des Informatiksystems eingeordnet. Die üblicherweise in Schichten angeordneten Neuronen entscheiden aufgrund ihrer Verknüpfungen, ob ein Signal weitergeben wird. Dieses Verhalten kann für jedes Neuron angepasst werden. Der Vorteil dieser Struktur liegt in der automatisierbaren Manipulation des Verhaltens der Neuronen, womit der Übergang zum Trainingsprozess gegeben ist. Der Trainingsprozess tritt an die Stelle der klassischen Programmierung und ermöglicht es, Algorithmen mit Hilfe von Trainingsdaten zu finden, statt sie manuell zu formulieren. Dieser Prozess wird auf die drei Komponenten Trainingsdaten, neuronales Netz und

Trainingsfunktion reduziert (siehe Abb. 1). Die Trainingsdaten sind dabei Beispieldaten, für die das Problem bereits gelöst ist, wie die korrekte Erkennung eines Bildes. Um komplexe Vorgänge wie Backpropagation zur Identifizierung der anzupassenden Neuronen nicht im Seminar thematisieren zu müssen, wird die Trainingsfunktion als Blackbox-Komponente in den Trainingsprozess eingeführt.

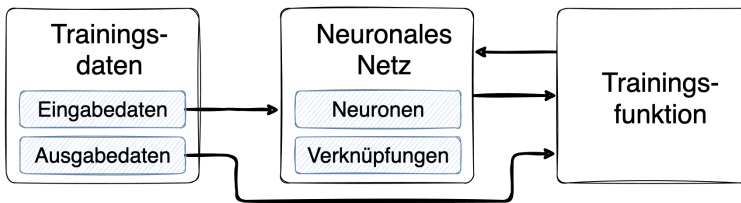


Abb. 1: Bestandteile des Trainingsprozesses

Der Trainingsprozess beginnt mit einem untrainierten Netz, in dem die Verknüpfungen und Neuronen mit meist zufälligen Startwerten angeordnet werden. Anschließend werden Trainingsdaten als Eingabedaten verwendet, um eine Ausgabe zu erzeugen. Die Trainingsfunktion vergleicht anschließend die Ausgabe des Netzes mit den Trainingsdaten und passt das Verhalten der Neuronen und Verknüpfungen im neuronalen Netz an. Anschließend wird der Vorgang mit weiteren Trainingsdaten wiederholt und das Verhalten der Neuronen wiederum angepasst, wodurch sich die Ausgabe des Netzes iterativ den Vorgaben der Trainingsdaten annähert. Anschließend wird das Training beendet. Die Verknüpfungen und das Verhalten der einzelnen Neuronen werden ab jetzt nicht mehr geändert. Stattdessen kann das trainierte neuronale Netz verwendet werden, um das Problem für neue Eingabedaten zu lösen. Das neuronale Netz repräsentiert nun einen Algorithmus, der durch diesen Prozess gefunden wurde. Im Workshop wird ein Algorithmus als *biased* bezeichnet, wenn er für bestimmte Eingabedaten von einem neutralen Verhalten abweicht, oder bestimmte Ausgabedaten überproportional produziert. Wann *Algorithmic Bias* vorliegt und was ein erwünschtes neutrales Verhalten des Systems wäre, sind spannende kontextabhängige Fragestellungen für eine gesellschaftlich politische Diskussion. *Algorithmic bias* ist meist unintendiert und kann verschiedene Ursachen haben. Der Workshop behandelt den *training data bias* (vgl. [DL17]).

4 Erster Workshop und Pilotierung

Die Pilotierung erfolgte eingebettet in die politikdidaktische Veranstaltung „Aktuelle Tendenzen“. Die Veranstaltung richtet sich an Studierende im 9. Semester und dient sowohl zur Wiederholung von politikdidaktischen Inhalten vor dem Abschluss des Studiums, als auch der Thematisierung aktueller Entwicklung der Politikdidaktik. Der Workshop wurde als eine Seminareinheit zu letzterem Aspekt durchgeführt.

Das Workshopkonzept soll es den Teilnehmenden ermöglichen, im Unterricht Bezug auf das Thema KI und ML-Algorithmen zu nehmen. Die Vermittlung der ML-Grundprinzipien profitiert besonders von der Behandlung der Arbeitsschritte des Datenlabelings, sowie der Evaluation und Anwendung des trainierten Modells [Hi19]. Da in politischen Diskussionen oft die Frage diskutiert wird, welche Arten von Algorithmen bestimmte Aufgaben übernehmen sollten, werden Chancen und Risiken von *formulierten* und *maschinell trainierten* Algorithmen gegenübergestellt.

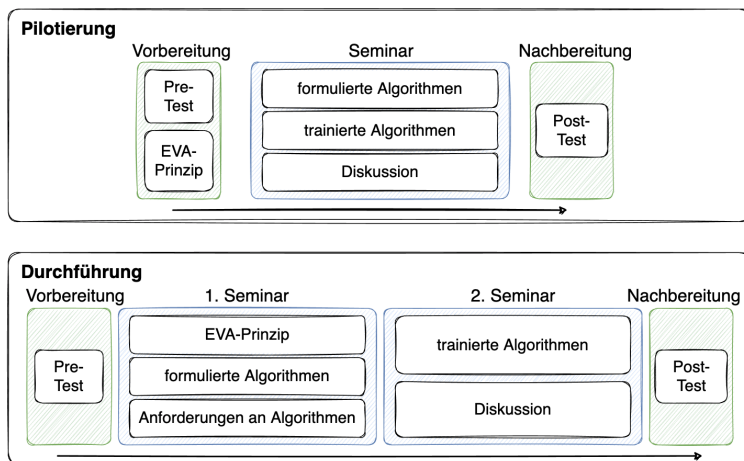


Abb. 2: Ablauf des Workshops während der Pilotierung und der Durchführung

Die Inhalte der Selbstlernphase in der Vorbereitung werden zu Beginn des Workshops in Form einer Live-Umfrage mit anschließender Diskussion aufgegriffen. Dies dient der kurzen Wiederholung der Inhalte aus der Vorbereitungsphase und um auf Verständnisprobleme direkt einzugehen und diese auszuräumen. Als zweite Komponente werden die Grundlagen von programmierten

Algorithmen erarbeitet. Die Teilnehmenden werden in Dreiergruppen eingeteilt und erhalten die Aufgabe, in eigenen Videokonferenzräumen für verschiedene grafische Formen eindeutige Handlungsanweisungen zu formulieren, um diese zu zeichnen. Sind die Handlungsanweisungen formuliert, wird die Gruppenarbeit beendet. Die formulierten Anweisungen werden im nächsten Schritt mit den anderen Gruppen über ein virtuelles Whiteboard ausprobiert. Dazu führt jeweils eine Gruppe die Anweisungen der anderen Gruppe aus. Gemeinsam wird anschließend die ursprüngliche Form mit der gezeichneten verglichen (siehe Abb. 3). Das Ziel dieser Aufgabe ist es, zu vermitteln, wie schwer es ist, eindeutige Regeln für eine automatisierte Ausführung zu formulieren.

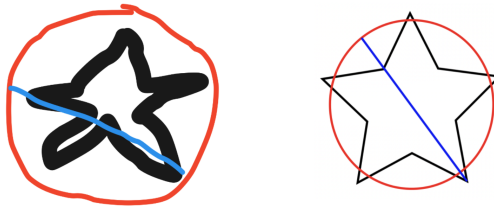


Abb. 3: links: Form die nach Anweisungen von den Teilnehmenden gezeichnet wurde, rechts: vorgegebene Form

Am Beispiel von Ziffernerkennung in Bildern werden die Grenzen von *formulierten* Algorithmen thematisiert, indem zunächst über Lösungsstrategien zur Klassifizierung gesprochen wird. Anschließend wird das Problem auf handschriftliche Ziffern erweitert, damit deutlich wird, dass ein *formulierter* Ansatz viele verschachtelte Ausnahmen vorsehen müsste, um die Aufgabe zu lösen. Im Gegensatz dazu wird der Trainingsprozess eines neuronalen Netzes durch maschinelles Lernen Schritt für Schritt nachvollzogen und als alternative Lösung für diese Problemklasse vorgestellt. Begriffe wie Neuronen und Trainingsdaten werden jeweils an den Stellen erklärt, an denen sie zum ersten Mal auftreten.

Für die praktische Demonstration des Trainingsprozesses wird das webbasierte Tool Teachable Machine⁸ verwendet. Dieses wurde aufgrund der intuitiven Benutzung und des visuellen Ansatzes, der Assoziationen zu alltagsbezogenen Einsatzszenarien von neuronalen Netzen ermöglicht ausgewählt, um dadurch einen Transfer in den Politikunterricht zu vereinfachen. Der berechtigten Kritik der fehlenden ganzheitlichen Betrachtung des Deep Learning Workflows bei Teachable Machine [SGB21] trägt das Workshopkonzept Rech-

8 <https://teachablemachine.withgoogle.com>, letzter Zugriff: 02.02.2023

nung: Erstens muss das Tool aufgrund der Integration in den Workshop das Tool keinen vollständigen Prozess abbilden, da die fehlenden Prozessschritte durch andere Workshopelemente abgebildet werden können. Zweitens ist eine vollständige, aber rein technische Betrachtung des Prozesses aufgrund der Zielgruppe und der Zielsetzung nicht zielführend. Das Tool Teachable Machine macht wesentliche Bestandteile eines neuronalen Netzwerks in einer reduzierten Oberfläche zugänglich und manipulierbar. In der Anwendung des Tools werden die Teilnehmenden mit dem User Interface und den grundlegenden Funktionen der Webanwendung vertraut gemacht. Nach dieser Einführung beginnt das selbstständige Trainieren eines neuronalen Netzes zur Erkennung von Handgesten (vgl. Abb. 4). Die Aufgabe ist so strukturiert, dass ein *algorithmic bias* zunächst sehr wahrscheinlich ist. Dies wird erreicht, indem mit einem vorgegebenen Trainingsset die Posen „Daumen-hoch“ und „OK“ besser vertreten sind als die Pose „Peace“. Erst durch eine Erweiterung der Trainingsdaten, beispielsweise durch das Hinzufügen weiterer Peace-Posen über die Webcam, wird eine falsche Klassifizierung vermieden.

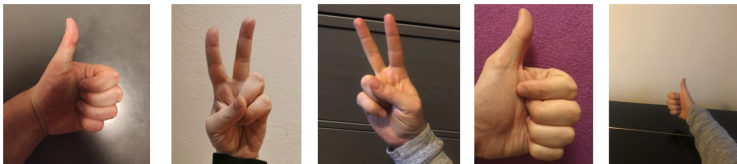


Abb. 4: Beispieldaten der Handgestenerkennung

Da die Teilnehmenden ihre Netze untereinander austauschen sollen, muss ein markantes Feature im Mittelpunkt der Webcambilder stehen, um die Erkennung zu erleichtern. Die Aufgabe mit den Handgesten erfüllt diese Anforderung. In der Nachbesprechung der Aufgabe werden beobachtete Probleme auf das Beispiel der Filterung von Bildern in sozialen Netzwerken übertragen. Dadurch wird das System der Bildklassifikation aus den Perspektiven der Interessensgruppen der Entwickler:innen und Anwender:innen betrachtet. Den Abschluss des Workshops bildet eine offene Diskussion aller Teilnehmenden untereinander. Eingeleitet wird die Diskussion mit der Fragestellung der Alltagsrelevanz von KI und geht dann über zu der zu diskutierenden Kernfragestellung, welche Rolle das Thema im Politikunterricht einnehmen sollte. Im Anschluss an den Workshop wurden die Teilnehmenden gebeten, an einer Nachbefragung teilzunehmen. Diese Phase dient der Evaluation.

5 Forschungsdesign

In einem Pre-Post-Test wurden 10 Items zur Selbsteinschätzung der Vermittlungskompetenz (SVK) in Bezug auf die informatischen Kompetenzen im Kontext maschinellen Lernens als Teilgebiet von KI formuliert (vgl. Tabelle 2). Da letztendlich eine Integration in den Unterricht angestrebt wird, sollen die Items Aussagen darüber ermöglichen, ob bei den Teilnehmenden nach dem Workshop eine Änderung der Selbstwahrnehmung stattgefunden hat. Die Items bestehen aus Aussagen zum Erklären von informatischen Grundlagen des Themengebietes KI, die über eine 4-stufige Likert-Skala mit Zustimmung oder Ablehnung bewertet werden können. Die erste Pilotierung des Workshops dient dazu, die Items statistisch auf Konsistenz zu prüfen und eventuelle Verständnisschwierigkeiten aufzulösen. Die Skala ist so kodiert, dass die stärkste Zustimmung den Skalenwert 4 zugewiesen bekommt und die stärkste Ablehnung den Skalenwert 1. Die Differenz liegt demnach zwischen $-3,00$ (Verringerung der SVK) und $+3,00$ (Erhöhung der SVK). Die intendierte Richtung ist also eine Zunahme der SVK, die einer Erhöhung des Skalenwertes entspricht.

In der abschließenden Diskussion des Workshops sollen die Teilnehmenden informatische Kompetenzen bei der Beurteilung der gesellschaftlichen Auswirkungen von Informationssystemen mit KI heranziehen. Damit soll ein Transfer auf Themenstellungen im Politikunterricht nachvollziehbar werden, der sich zum Beispiel durch neue, im Workshop nicht behandelte Themen zeigen kann. Die Gruppendiskussion wird mit dem Einverständnis der Teilnehmenden während der Durchführung aufgezeichnet und anschließend transkribiert. In der Diskussion wird die Anwendung der erlernten informatischen Inhalte als Argumente in der Gruppendiskussion im Kontext der politischen Bildung evaluiert. In der Diskussion wird analysiert, ob die Teilnehmenden 1) Beispiele korrekt nennen, an denen bereits heute schon KI eingesetzt wird, 2) fachlich nachvollziehbar begründen, weshalb das Thema KI für das Ziel der politischen Urteilsfähigkeit relevant ist und 3) erläutern, welche informatischen Aspekte des Themas KI im Politikunterricht relevant sind. Die letzten beiden Fragestellungen der Diskussion werden in ein Szenario zur Bearbeitung des Lehrplans im Fach Politik eingebettet. Die konkreten Fragestellungen für die Diskussion lauten:

- Nenne Szenarien, in denen bereits heute KI eingesetzt wird oder Anwendungen, bei denen du dir in Zukunft einen Einsatz von KI vorstellen kannst.

Tab. 2: Itemformulierungen der SVK

Nr.	Itemformulierung
1	Ich traue mir zu, zum Beispiel anhand eines digitalen Fotos zu erklären, was der Unterschied zwischen Daten und Informationen ist.
2	Ich traue mir zu, alltagssprachlich zu erläutern, wie Daten automatisiert eingelesen, verarbeitet und ausgegeben werden.
3	Ich traue mir zu, die Vor- und Nachteile in der Entstehung von Verarbeitungsregeln (für Informatiksysteme) mittels Programmierung durch Menschen und Training neuronaler Netze zu erklären.
4	Ich traue mir zu, alltagssprachlich zu erläutern, warum für die Formulierung eines Algorithmus die Zerlegung eines Problems in einzelne und ausführbare Schritte notwendig ist.
5	Ich traue mir zu, alltagssprachlich zu erläutern, welche Komponenten und Arbeitsschritte notwendig sind, um ein neuronales Netz aufzubauen.
6	Ich traue mir zu, zu erkennen, ob ein spezifisches Problem besser mit einem neuronalen Netz oder mit einem programmierten Algorithmus gelöst werden könnte.
7	Ich traue mir zu, die Bestandteile eines Informatiksystems den Kategorien Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe zuzuordnen.
8	Ich traue mir zu, gesellschaftliche Vor- und Nachteile zu diskutieren, die sich aus der Lösung von Problemen mittels neuronaler Netze oder programmierter Algorithmen ergeben.
9	Ich traue mir zu, eine andere Person zu überzeugen, dass eine KI nicht unbeherrschbar ist, sondern wie jedes Informatiksystem nach Regeln funktioniert, die vorhersagbar sind.
10	Ich traue mir zu, das Thema „Chancen und Gefahren von KI für die Gesellschaft“ mit Schülerinnen und Schülern zu diskutieren.

- Warum ist das Thema KI für das Ziel der politischen Urteilsfähigkeit relevant?
- Welche Aspekte sollten in den Unterricht integriert werden?

Für die zweite Durchführung wurde ein komplexeres Anwendungsbeispiel in den Mittelpunkt der Diskussion gestellt. Dieser Ansatz bildet mögliche Situationen im Politikunterricht ab, da hier KI vornehmlich im Kontext von konkreten

Beispielen und nicht auf der abstrakten Ebene der Pilotierung diskutiert wird. Gleichzeitig ist dadurch aber eine geleitete Diskussion erschwert.

6 Auswertung der Pilotierung

Die Pilotierung fand am 18.01.2021 mit acht Teilnehmenden statt. Der Workshop bestand neben der Vor- und Nachbereitung aus einem Termin im Umfang von 90 Minuten. Die Evaluation der Skala SVK ergab eine exzellente Skalenreliabilität (Cronbachs Alpha: 0,958). In der Gruppendiskussion wurden Verkehrsleitsysteme, autonomes Fahren und der Einsatz im Gesundheitswesen beispielsweise bei der Unterstützung von Diagnostik als aktuelle und zukünftige Einsatzgebiete von KI genannt. Keines der von den Teilnehmenden genannten Einsatzgebiete wurde im Workshop als Beispiel präsentiert. Die Relevanz für den Politikunterricht wurde nicht durch informatische Argumente belegt, sondern mit Beispielen für Schnittmengen von informatischer und politischer Bildung im Kontext KI, wodurch sich diese nicht vom dritten Teil der Diskussion (Aspekte, die sich für eine Integration in den Politikunterricht eignen) trennen lässt. Genannte Aspekte waren Deep Fakes und Fake News, Filterblasen in sozialen Netzwerken und Social-Creditsysteme. Allerdings wurde dabei noch nicht auf die informatischen Grundlagen Bezug genommen. Die Transkription der Diskussion ist den Erhebungsdaten³ beigefügt. Während der Durchführung wurde deutlich, dass eine zufriedenstellende Behandlung des Themas in 90 Minuten nicht möglich ist. Eine Erweiterung auf zwei Termine erscheint sinnvoll, um den Teilnehmenden mehr Zeit für die praktische Anwendung von informatischen Grundlagen aus der gesellschaftlichen Perspektive zu ermöglichen.

7 Anpassungen am Workshopkonzept

Die Durchführung erfolgte im Seminar „The Future Is Now: Politische Bildung und Künstliche Intelligenz“, welches im Sommersemester 2021 an der TU Dresden durchgeführt wurde und als Wahlpflichtveranstaltung im Rahmen der fachdidaktischen Vertiefung im Lehramtsstudium des Fachs Gemeinschaftskunde, Rechtserziehung und Wirtschaft belegt werden kann. Das Seminar startete mit etwa 20 Studierenden aus dem 6. und 8. Fachsemester. Folgende Fragen

standen als Kernziele im Mittelpunkt der Lehrveranstaltung: Was ist Künstliche Intelligenz? Wie verändert sie unser gesellschaftliches Zusammenleben? Was bedeutet es für die politische Bildung, wenn es nicht mehr nur Menschen sind, sondern auch Algorithmen, die Entscheidungen mit politischer und sozialer Tragweite treffen? Wie können und müssen vor diesem Hintergrund (politische) Bildungsprozesse gestaltet werden?

Als Konsequenz aus der Pilotierung wurde diese Durchführung auf zwei Termine ausgelegt und somit für die einzelnen Phasen des Workshops mehr Zeit verfügbar. Dies äußerte sich darin, dass in der Vorbereitungsphase lediglich für die Vorbefragung geworben und der KI-Begriff geklärt wurde. Damit dient die Vorbereitungsphase nun vor allem der Motivation und weniger der Inhaltsvermittlung. Die Aspekte zum Aufbau von Informatiksystemen und Algorithmen werden stattdessen in den ersten Workshoptermin integriert und so enger mit den folgenden Inhalten verknüpfbar. Außerdem wird die Rolle von verschiedenen Interessensgruppen bei der Anforderungsanalyse im Softwareentwicklungsprozess thematisiert und somit eine erste Brücke hin zu einer politikdidaktischen Diskussion gebaut. Der restliche erste Workshoptermin beschäftigt sich dann mit den Grundlagen von klassisch formulierten Algorithmen unter Verwendung der selben Materialien und Methoden wie in der Pilotierung.

Im zweiten Termin wird wie in der Pilotierung zunächst der Trainingsprozess erarbeitet und dieser anschließend selbst erprobt. Eine Gegenüberstellung von formulierten und trainierten Algorithmen erfolgt ebenso wie im ursprünglichen Workshop, um letztendlich auch auf Fehlverhalten von Algorithmen einzugehen. Allerdings lässt sich nun auf die Anforderungsanalyse unter Betrachtung verschiedener Interessengruppen zurückgreifen und so differenzierter über das Erreichen und Verfehlen von Zielen sprechen, da sich die Zielperspektive für verschiedene Stakeholder, zum Beispiel bei Betreiber:innen und Nutzer:innen von Social-Media-Plattformen, stark unterscheiden kann, was wiederum Folgen für die Definition des Fehlverhaltens von Algorithmen haben kann. Der zweite Termin schließt wie im ursprünglichen Workshopkonzept mit einer Diskussion ab. In deren Mittelpunkt steht nun jedoch nicht mehr die abstrakte Frage nach der generellen Bedeutung von informatischen Grundlagen und dem Thema KI für den Politikunterricht, sondern ein praktisches Szenario, welches im Politikunterricht auftauchen könnte. Das Szenario beschäftigt sich mit einem Algorithmus der Plattform Twitter, der bei Bildern automatisch einen Bildausschnitt auswählt, der als Vorschau im Twitter-Feed eingebettet wird. Dieser Algorithmus bevorzugte zum Zeitpunkt der Seminare durchführung weiße

männliche Gesichter bei der Auswahl des Ausschnitts. Durch den Einsatz als Vorschau hatte dieses Verhalten einen Einfluss auf die Sichtbarkeit von Frauen und People of Color auf der Plattform. Dieses Szenario soll in der Diskussion analysiert und beurteilt werden.

8 Ergebnisse

Der Pre-Post-Test zeigte auch in der zweiten Durchführung erneut eine exzellente Skalenzuverlässigkeit (Cronbachs Alpha: 0,915). Die diesbezüglich angewandten Skalen sind aufgrund ihrer Konzeption ordinalskaliert. Demnach wurde zur Untersuchung von Veränderungen auf den untersuchten Skalen vor und nach dem Treatment der nicht-parametrische Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben angewandt. Die Fragebögen wurden digital von den Teilnehmenden ausgefüllt und im Anschluss an den Workshop mit der Statistiksoftware SPSS 28 analysiert.

Der Median im Pre-Test beträgt 2,05 (Spannweite = 1,78) und im Post-Test 2,70 (Spannweite = 2,06). Der Wilcoxon-Test ergab 12 positive und einen negativen Rang (siehe Abbildung 5). Nach den Ergebnissen des zweiseitigen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests bei verbundenen Stichproben wird die Nullhypothese abgelehnt. Die SVK ist in intendierter Richtung im Skalenwert nach dem Kurs höchst signifikant höher als vor dem Kurs; $Z = -3,08$; $p < 0,002$; $r = 0,85$. Die Effektstärke ist nach Cohens Kriterium als großer Effekt zu bezeichnen.

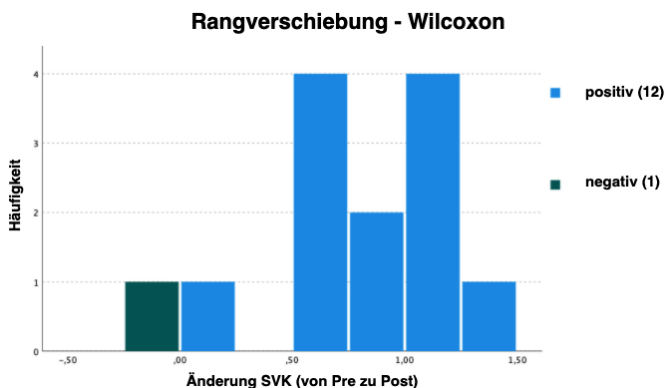


Abb. 5: Verschiebung der SVK in der 2. Durchführung (Ränge nach Wilcoxon)

Bereits im Workshop zeigte sich im Rahmen der Arbeitsphase der zweiten Seminareinheit, dass die Teilnehmenden die Fähigkeit besitzen, Beispiele korrekt den Kategorien der formulierten (klassischen) und trainierten (ML) Algorithmen zuzuordnen. Bei dieser Aufgabe sollte eine Zuordnung von Beispielen durch das Platzieren von Emojis in einer Tabelle erfolgen (vgl. Abb. 6). Diese Aufgabe wurde von einer überwiegenden Mehrheit der Teilnehmenden korrekt gelöst.


Feature	programmiert	trainiert
aktuelle Stories laden		
Werbung zwischen Stories platzieren		
Kamerabild in der App öffnen		
Gesicht identifizieren und Filter anwenden		
Bild hochladen und posten		

Abb. 6: Ergebnisse der Zuordnungsaufgabe zum Einsatz von KI im Alltag

In der Diskussion ergab sich nicht die Möglichkeit zur Beobachtung dieser Fähigkeit. Jedoch ließen sich neben einem Transfer von informatischen Grundlagen auf das konkrete Beispiel auch Fehlvorstellungen beobachten. So wurde die Bevorzugung von weißen männlichen Personen korrekt mit einer möglichen Verzerrung der Trainingsdaten begründet. Den Grund hierfür vermuteten die Teilnehmenden in einer Überrepräsentation dieser Bevölkerungsgruppe in den sozialen Medien. Gleichzeitig wurde aber auch festgestellt, dass der Black-Box-Charakter von maschinellem Lernen eine definitive Identifikation der genauen Ursache erschwert. Als Fehlvorstellung wurde die Auffassung identifiziert, dass KI-Systeme beim Lernen ein semantisches Verständnis für Bildinhalte entwickeln, um Menschen, Tiere und deren Beziehungen zueinander zu erkennen. Die Diskussion endete mit einer Argumentation zur Relevanz der technischen Grundlagen für die politikdidaktische Perspektive. Dabei wurde argumentiert, dass Politik einerseits nicht für die Umsetzung von Lösungen verantwortlich ist, andererseits aber Vorgaben ohne eine Vorstellung von Handlungsoptionen und Lösungsstrategien keinen Erfolg haben können.

9 Fazit

Ziele des Workshops sind 1) der Aufbau informatischer Kompetenz im Kontext KI, 2) die Stärkung der Diskussionsfähigkeit der Studierenden durch passende informatische Kompetenzen und 3) die Anregung der Studierenden zum Transfer auf passende Themenstellungen im Politikunterricht. Die Ziele 1) und 2) konnten mit dem Workshopkonzept umgesetzt werden. Darauf weisen sowohl die Steigerung der SVK und die Ergebnisse der Arbeitsphasen als auch die Analyse der Diskussion hin. Die Pilotierung wie auch die Durchführung zeigten, dass KI-Systeme im Alltag und in politischen Themen identifiziert werden können. Dennoch ist unklar, ob Punkte wie Social-Credit-Systeme als Anwendung für KI-Systeme zur Bewältigung großer ungeordneter Datenmengen erkannt oder lediglich als bekannte Begriffe aus der Schnittmenge Politik und Digitalisierung genannt werden. Abgesehen von Deep Fakes, die im Selbstlernteil erwähnt wurden, waren keine der in der Diskussion der Pilotierung genannten Beispiele bereits im Workshop enthalten. Für alle diese Beispiele lässt sich auch eine mittel- bis langfristige gesellschaftliche Relevanz feststellen, wie sie in den Kompetenzen zur politischen Urteilsfähigkeit von der Gesellschaft für Politikdidaktik und politische Jugend- und Erwachsenenbildung in [De04] gefordert wird. Während der Diskussion der Durchführungen konnte die Anwendung der informatischen Perspektive auf gesellschaftliche Problemstellungen beobachtet werden.

Das Ziel 3) konnte im Rahmen des Workshops aufgrund der Verortung in der Hochschulbildung nicht evaluiert werden. Weitere Forschung sollte daher an Lehr-Lernszenarien, die einen stärkeren Praxisbezug aufweisen, ansetzen.

Literaturverzeichnis

- [Ba21] Baberowski, D.; Leonhardt, T.; Damnik, G.; Rentsch, S.; Bergner, N.: Aufbau informatischer Kompetenzen im Kontext KI bei Lehramtsstudierenden des Faches Politik. In (Desel, J.; Opel, S.; Siegeris, J., Hrsg.): 9. Fachtagung Hochschuldidaktik Informatik (HDI) 2021. FernUniversität in Hagen, Hagen, 2021, ISBN: 978-3-00-070267-9.
- [De04] Detjen, J.; Kuhn, H.-W.; Massing, P.; Richter, D.; Sander, W.; Weißeno, G., Hrsg.: Nationale Bildungsstandards für den Fachunterricht in der Politischen Bildung an Schulen: Ein Entwurf. Wochenschau-Verlag, Schwalbach/Ts, 2004, ISBN: 978-3-89974-112-4.
- [DL17] Danks, D.; London, A. J.: Algorithmic Bias in Autonomous Systems. In: Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence. International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization, Melbourne, Australia, S. 4691–4697, Aug. 2017, ISBN: 978-0-9992411-0-3.
- [Ga17] Gallenbacher, J.: Allgemeinbildung in der digitalen, gestalteten Lebenswelt. In (Diethelm, I., Hrsg.): Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2017.
- [Ge08] Gesellschaft für Informatik: Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I, 2008, URL: https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/2345/52-GI-Empfehlung-Bildungsstandards_2008.pdf.
- [Gr21] Gresse von Wangenheim, C.; Hauck, J. C. R.; Pacheco, F. S.; Bertoneceli Bueno, M. F.: Visual tools for teaching machine learning in K-12: A ten-year systematic mapping. Education and Information Technologies 26/5, S. 5733–5778, 2021, ISSN: 1360-2357, 1573-7608.
- [Hi19] Hitron, T.; Orlev, Y.; Wald, I.; Shamir, A.; Erel, H.; Zuckerman, O.: Can Children Understand Machine Learning Concepts? The Effect of Uncovering Black Boxes. In: Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Association for Computing

- Machinery, New York, NY, USA, S. 1–11, Mai 2019, ISBN: 978-1-4503-5970-2.
- [HK22] Hamisch, K.; Kruschel, R.: Zwischen Individualisierungsversprechen und Vermessungsgefahr – Die Rolle der Schlüsseltechnologie Künstliche Intelligenz in der inklusiven Schule. In (Schimek, B.; Kremsner, G.; Proyer, M.; Grubich, R.; Paudel, F.; Grubich-Müller, R., Hrsg.): Grenzen.Gänge.Zwischen.Welten: Kontroversen – Entwicklungen – Perspektiven der Inklusionsforschung. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn, S. 108–115, 2022, ISBN: 978-3-7815-5924-0.
- [Ho19] Hofmann Payne, B.: An Ethics of Artificial Intelligence Curriculum for Middle School Students, 2019, URL: <https://docs.google.com/document/d/1e9wx9oBg7CR0s5O7YnYHVmX7H7pnITfoDxNdrSGkp60/view>, Stand: 07. 04. 2022.
- [Hu20] Humbert, L.; Best, A.; Micheuz, P.; Hellmig, L.: Informatik – Kompetenzentwicklung bei Kindern. de, Informatik Spektrum 43/2, S. 85–93, Apr. 2020, ISSN: 0170-6012, 1432-122X.
- [Ku21] Kultusministerkonferenz, Hrsg.: Die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“, 2021, URL: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf.
- [LH19] Losch, D.; Humbert, L.: Informatische Bildung für alle Lehramtsstudierenden: Reformprozess einer allgemeinbildenden Informatikveranstaltung in der universitären Lehrerbildung. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle. Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2019.
- [Ma03] Magenheimer, J.: Informatik Lernlabor - Systemorientierte Didaktik in der Praxis. In (Hubwieser, P., Hrsg.): Informatische Fachkonzepte im Unterricht, INFOS 2003, 10. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 12–30, 2003.
- [Sä19] Sächsisches Staatsministerium für Kultus, Hrsg.: Lehrplan Gymnasium Gemeinschaftskunde Rechtserziehung/Wirtschaft, Aug. 2019, URL: www.bildung.sachsen.de/apps/lehrplandb/.
- [Sc03] Schulte, C.: Lehr- Lernprozesse im Informatik-Anfangsunterricht. Theorieleitete Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zur Objektorientierung in der Sekundarstufe II, Diss., Paderborn: Universität Paderborn, Okt. 2003.

- [Sc13] Schattschneider, J.: Politik- Und Informatikunterricht. In (Deichmann, C.; Tischner, C. K., Hrsg.): Handbuch Fächerübergreifender Unterricht in Der Politischen Bildung. S. 225–263, 2013, ISBN: 978-3-89974-827-7.
- [SGB21] Schultze, S.; Gruenefeld, U.; Boll, S.: Demystifying Deep Learning: Developing and Evaluating a User-Centered Learning App for Beginners to Gain Practical Experience. i-com 19/3, S. 201–213, Jan. 2021, ISSN: 2196-6826, 1618-162X.
- [SMR20] Seegerer, S.; Michaeli, T.; Romeike, R.: So lernen Maschinen! LOG IN 40/1, S. 27–31, 2020, ISSN: 0720-8642.