

Evidenzbasierte Weiterentwicklung des Unterrichts zu KI: themenspezifische Lernschwierigkeiten und ihre Implikationen für die Praxis

Franz Jetzinger ¹ und Tilman Michaeli ¹

Abstract: Die Allgegenwärtigkeit von Künstlicher Intelligenz (KI) im Alltag macht es notwendig, das Thema in die Informatiklehrpläne zu integrieren, um junge Menschen auf einen verantwortungsvollen Umgang mit dieser Technologie vorzubereiten. Bisher mangelt es jedoch sowohl an praktischer Erfahrung im Unterrichten dieses neuen Themas als auch an evidenzbasierten Erkenntnissen zu Lehr- und Lernprozessen. In diesem Beitrag wurde daher das erste Jahr der Umsetzung eines verpflichtenden Informatikunterrichts zum Thema KI in der 11. Jahrgangsstufe in Bayern untersucht. Dabei wurden mit dem Ansatz der Aktionsforschung themenspezifische Schwierigkeiten bei den Lernenden identifiziert. Die Analyse von Daten aus unterschiedlichen Erhebungsinstrumenten mithilfe von Methoden der Grounded Theory ergab vier Kernkategorien: Schwierigkeiten bei der Anwendung von KI-Konzepten, der Unterscheidung von wissens- und datenbasierten Ansätzen, der Bewertung der Ergebnisse von KI-Modellen und Schwierigkeiten bei der Einschätzung, ob reale Systeme KI-Verfahren einsetzen. Dieser Beitrag geht detailliert auf die zuletzt genannte Schwierigkeit ein und zeigt Implikationen für die Praxis auf.

Keywords: Informatikunterricht, Künstliche Intelligenz, Aktionsforschung, Grounded Theory

1 Einleitung

Künstliche Intelligenz (KI) ist omnipräsent in unserem Alltag und insbesondere junge Menschen interagieren täglich mit KI-Systemen. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, Schüler*innen zu einem reflektierten und verantwortungsvollen Umgang mit dieser Technologie zu befähigen. Für die informatikdidaktische Forschung stellt KI jedoch ein vergleichsweise neues Thema dar und in der Praxis wird der Lerngegenstand gerade erst in die Lehrpläne aufgenommen. Im Gegensatz zu anderen Themen kann dabei nicht auf die Erfahrungen der Unterrichtspraxis der letzten Jahrzehnte zurückgegriffen werden. Zwar wurden in jüngster Vergangenheit zahlreiche Unterrichtsansätze entwickelt und erprobt, bisher fehlt es jedoch an systematischen Untersuchungen des Lernens über KI [Gr24], deren Ergebnisse anschließend noch in die Schulpraxis transferiert werden müssen. Herkömmliche Forschungsmethoden haben hier das Problem, dass die Erkenntnisse - beispielsweise aufgrund zu geringer externer Validität - die Schulpraxis oft selten oder zu langsam erreichen.

In diesem Beitrag wird daher in Kooperation mit bayerischen Lehrkräften partizipative Aktionsforschung eingesetzt, um Theorien zu Lehr- und Lernprozessen zu entwickeln, die

¹ TU München, School of Social Sciences and Technology, Professur für Didaktik der Informatik, Arcisstraße 21, 80333 München, franz.jetzinger@tum.de,  <https://orcid.org/0009-0003-7611-7977>;
tilman.michaeli@tum.de,  <https://orcid.org/0000-0002-5453-8581>

unmittelbar in der Praxis eingesetzt werden [LSV10]. Im ersten Schritt wird hierzu auf themenspezifische Schwierigkeiten bei Schüler*innen fokussiert und daraus Implikationen für die Weiterentwicklung des Unterrichts erarbeitet. Die Analyse der Daten aus unterschiedlichen Erhebungsinstrumenten ergab vier Schwierigkeiten. Dieser Beitrag fokussiert auf die Schwierigkeit der Bewertung von Aufgaben und Systemen hinsichtlich des Einsatzes von KI-Verfahren.

2 Hintergrund

Zur fachdidaktischen Erschließung des Lerngegenstands KI für den allgemeinbildenden Informatikunterricht liegen bereits verschiedene Ansätze zur inhaltlichen Strukturierung vor (z. B. [MRS22]), die als Grundlage für die Ausgestaltung von Lehrplänen dienen können.

Zudem wurden in den letzten Jahren zahlreiche Unterrichtsmaterialien entwickelt und die Erfahrungen aus dem Praxiseinsatz geschildert. Wissenschaftlich untersucht werden meist extracurriculare Angebote, die sich auf bestimmte Ansätze wie projektbasiertes Lernen (z. B. [GBM22]) oder einzelne inhaltliche Aspekte wie Ethik (z. B. [Wi23]) konzentrieren. Zur Evaluation der Ansätze werden oft lediglich Selbsteinschätzungen und motivationale Aspekte mit Fragebögen erhoben [Ch24]. Nur wenige Studien überprüfen kognitive Lernziele wie z. B. Zhang et al. und Williams et al. Deren Ergebnisse zeigen, dass Schüler*innen teilweise nicht angeben können, wo KI-Verfahren eingesetzt werden [Wi23] und Schwierigkeiten haben, die wichtigsten Merkmale von KI-Systemen zu erkennen [Zh23].

Neben Erfahrungsberichten zu Unterrichtsansätzen bilden Studien zu Schülervorstellungen zu KI mit unterschiedlichen Ergebnissen einen Schwerpunkt [Be23]. Während bei Lindner et al. Lernende nur komplexe Technologien für KI-Systeme halten [Li23], werden in anderen Untersuchungen KI-Verfahren mit allen technischen Geräten in Verbindung gebracht [Vo24] oder als Art Allheilmittel angesehen [Ki23]. Diese Studien konzentrieren sich meist auf Präkonzepte und untersuchen nicht, wie diese durch den Unterricht verändert werden [Kr24]. Insbesondere Schwierigkeiten, die den Lernenden begegnen, wurden bisher kaum untersucht. Sulmont et al. identifizieren zwar „Barrieren“ bei der Vermittlung von KI wie Mathematik und Programmierung, allerdings im universitären Kontext [SPC19].

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass zwar zahlreiche Erfahrungen zu Unterrichtsansätzen mit unterschiedlichen Schwerpunkten existieren, die Lehr- und Lernprozesse aber selten systematisch untersucht werden. Insbesondere potenzielle Schwierigkeiten der Lernenden werden bisher wenig betrachtet.

3 Vorgehen

Vor diesem Hintergrund identifiziert die vorliegende Studie themenspezifische Schwierigkeiten von Lernenden und liefert damit einen Beitrag zur systematischen Untersuchung des

Lernens über KI. Damit die Ergebnisse unmittelbar zur evidenzbasierten Weiterentwicklung des Unterrichts beitragen können, wurde dabei der Ansatz der partizipativen Aktionsforschung (AF) gewählt. AF überwindet die Kluft zwischen Wissenschaft und Praxis und verläuft nach Eilks und Ralle in vier Phasen: (1) Planung von Unterricht, (2) Erprobung in der Praxis, (3) Evaluation, (4) Reflexion und Überarbeitung (s. Abb. 1) [Ei02]. Der erste

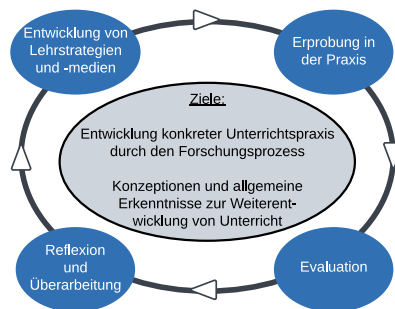


Abb. 1: Zyklus der partizipativen Aktionsforschung nach Eilks und Ralle [Ei02]

Zyklus der vorliegenden AF fokussiert auf die Schwierigkeiten von Schüler*innen. Dazu wurden folgende Forschungsfragen formuliert.

FF1: Welche themenspezifischen Schwierigkeiten können bei den Lernenden nach dem Unterricht im Themenbereich KI identifiziert werden?

FF2: Wie möchten Lehrkräfte den Unterricht verändern, um diesen Schwierigkeiten zu begegnen?

Diese Fragen wurden im Rahmen des verpflichtenden Informatikunterrichts an bayerischen Gymnasien untersucht. Seit dem Schuljahr 2023/24 ist KI dort als Lerngegenstand für alle Ausbildungsrichtungen von Klasse 11 vorgesehen. Der Lehrplan führt detaillierte Kompetenzerwartungen für 12 bis 16 Stunden auf, die einen Vergleich des Unterrichts verschiedener Lehrkräfte ermöglichen. Er umfasst Aspekte wie Definition des Begriffs, Überblick über KI-Ansätze, Einführung und Anwendung ausgewählter Algorithmen des maschinellen Lernens, Struktur von künstlichen neuronalen Netzen sowie Chancen und Risiken von KI-Systemen.²

3.1 Umsetzung des ersten Zyklus und Erhebungsinstrumente

Durch gezielte Akquise konnten 10 Informatiklehrkräfte für das Projekt gewonnen werden. Diese konzipierten ihren Unterricht zunächst eigenständig (*1. Phase der AF*) und führten ihn anschließend in insgesamt 20 Klassen der 11. Jahrgangsstufe durch (*2. Phase der AF*).

² <https://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium/jgs/11/fach/informatik/inhalt/fachlehrplaene>

Der Unterricht wurde mit mehreren Instrumenten begleitet, um Antworten auf FF1 zu erhalten (s. Tabelle 1). Bereits während der Durchführung reflektierten die Lehrkräfte jede gehaltene Unterrichtsstunde anhand eines Protokolls. Darin dokumentierten sie auftretende Schwierigkeiten der Lernenden und schätzten gegebene Aussagen wie z. B. zum Erreichen der Lernziele oder zur Beteiligung der Schüler*innen auf einer 4-stufigen Likert-Skala ein.

Erhebung	Stichprobengröße
Protokoll zur Kurzreflexion	115 Protokolle von 9 Lehrkräften
Einzelinterview nach Abschluss der Sequenz	9 Lehrkräfte (1 davon ohne Protokolle)
Unterrichtsmaterial	4 Lehrkräfte
Lernstandserhebung	192 Schüler*innen aus 8 Klassen

Tab. 1: Instrumente und Stichproben für FF1

Um die Reflexion der Lehrkräfte zu vertiefen, wurden aufbauend auf den Protokollen zu Einzel- und Doppelstunden (N=115, Ø 13 pro Lehrkraft) leitfadengestützte Einzelinterviews im Anschluss an die Unterrichtssequenz geführt (3. Phase der AF). Neben auftretenden Schwierigkeiten wurden die Lehrkräfte dabei u. a. nach von ihnen gesetzten Schwerpunkten und erlebten Herausforderungen befragt. Weiterhin wurde eine Lernstandserhebung entwickelt, welche die Schüler*innen nach der Unterrichtssequenz bearbeiten sollten. Diese enthält überwiegend geschlossene Fragen im Single- und Multiple-Choice-Format und deckt Inhalte des Lehrplans ab, wie z. B. starke vs. schwache KI, Merkmale von KI-Systemen und Identifizierung von KI-Verfahren. Sie enthält weiter Aufgaben zur Entwicklung eines Entscheidungsbaums sowie zur Ursache von Fehlern und Verzerrungen bei KI-Modellen. Aufgrund organisatorischer Rahmenbedingungen konnten nicht alle Lehrkräfte die Lernstandserhebung im Unterricht durchführen, so dass auswertbare Daten von insgesamt 192 Schüler*innen aus 8 Klassen vorliegen. Vier Lehrkräfte stellten zusätzlich ihre Unterrichtsmaterialien zur Verfügung.

In einem abschließenden ganztägigen Workshop wurden die Ergebnisse der Auswertung mit 6 der beteiligten Lehrkräfte reflektiert und weiter ausdifferenziert. Zur Beantwortung von FF2 wurde dort diskutiert, wie die Lehrkräfte ihren zukünftigen Unterricht planen, um den aufgetretenen Schwierigkeiten zu begegnen (4. Phase der AF).

3.2 Teilnehmende Lehrkräfte

Die 10 Lehrkräfte (w=1, m=9) waren zum Zeitpunkt der Erhebung zwischen 30 und 49 Jahre alt und hatten zwischen 2 und 21 Jahren Berufserfahrung. Sieben von ihnen hatten die Fakultas durch ein reguläres Lehramtsstudium in Informatik erhalten, drei durch eine Nachqualifizierungsmaßnahme. Bis auf eine Lehrkraft hatten alle Mathematik als Zweitfach. Alle Lehrkräfte besuchten unabhängig vom Forschungsprojekt Fortbildungen zu KI. Zu den Schüler*innen wurden aus Datenschutzgründen keine demografischen Daten erhoben.

3.3 Datenanalyse

Für die Auswertung wurden alle vorliegenden Daten (qualitative und quantitative) verwendet und miteinander in Beziehung gesetzt. Die Protokolle zur Kurzreflexion und die Interviews wurden nach den drei Phasen des Codierprozess der Grounded Theory (GT) nach Strauss und Corbin ausgewertet: offenes, axiales und selektives Codieren [SC98]. In der ersten Phase wurden zahlreiche Stellen in-vivo codiert und anschließend zu wenigen Kategorien verdichtet. Danach wurde eine reduzierte Form des Codierparadigmas verwendet, um die Kategorien auf ihre Zusammenhänge hin zu untersuchen. Anders als in der GT üblich, konnte in der letzten Phase keine einzelne Kernkategorie gefunden werden, sondern es kristallisierten sich vier Kernkategorien heraus. Der gesamte Prozess wurde von Grundprinzipien der GT wie dem ständigen Vergleich und dem Schreiben von Memos begleitet. Der Vergleich von Datenpunkten und Kategorien erfolgte sowohl untereinander und miteinander als auch innerhalb und außerhalb einer Lehr-/Lerneinheit. Zum Vergleich wurden auch die Unterrichtsmaterialien und die Ergebnisse der Lernstandserhebung herangezogen. Letztere wurden zuvor quantitativ ausgewertet, indem Mittelwerte für die einzelnen Antwortmöglichkeiten berechnet wurden. Zahlreiche Memos dokumentieren das Vorgehen.

Die Diskussion im Rahmen des Abschlussworkshops zur Erarbeitung von Implikationen für die Praxis wurde unmittelbar während der Durchführung festgehalten. Dabei wurden alle Vorschläge notiert, für die ein Konsens unter allen Teilnehmern gefunden werden konnte.

Zur Qualitätssicherung wurden die Zwischenergebnisse der offenen und axialen Codierung der Forschungsgruppe vorgestellt und mit ihr diskutiert. Die finalen Kernkategorien wurden im Abschlussworkshop mit den Lehrkräften intensiv validiert (member checking).

4 Ergebnisse

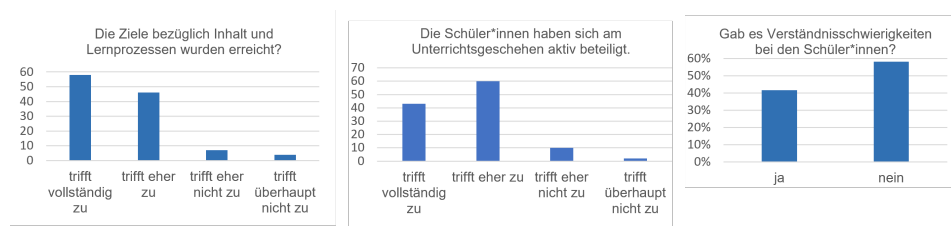


Abb. 2: Auswahl quantitativer Ergebnisse aus den Reflexionsprotokollen

Aus der Anzahl der Reflexionsprotokolle geht hervor, dass das Thema KI durchschnittlich über 16 Schulstunden unterrichtet wurde. Dabei zeichnen die Lehrkräfte ein überaus positives Bild. Sie sind der Auffassung, dass die von ihnen gesetzten Lernziele mehrheitlich erreicht worden sind und bewerten die aktive Beteiligung der Schüler*innen positiv (s. Abb. 2). In 40% der Stunden geben die Lehrkräfte jedoch an, dass sie Schwierigkeiten bei den Lernenden wahrgenommen haben. Die Auswertung aller Daten ergab 4 Kernkategorien zu

themenspezifischen Schwierigkeiten, von denen eine hier ausführlich beschrieben und in den Daten verortet wird. Anschließend werden auch die verbleibenden drei kurz vorgestellt. Die Beschreibung folgt der in Abb. 3 dargestellten Struktur der Kernkategorien. Ausgehend von der Schwierigkeit werden mögliche Ursachen, Hypothesen und Implikationen dargestellt.

4.1 Themenspezifische Schwierigkeiten (FF1)

Bewertung von Aufgaben und Systemen hinsichtlich des Einsatzes von KI-Verfahren

Aus der Datenanalyse ergibt sich die *Schwierigkeit* der Lernenden, reale Systeme dahingehend einzuschätzen, ob sie KI-Verfahren einsetzen. Beispielsweise zeigt die Multiple-Choice-Frage der Lernstandserhebung, für welche Aufgaben KI-Verfahren eingesetzt werden können, dass die Schüler*innen zwar viele Beispiele korrekt mit KI-Verfahren assoziieren (z. B. Objekterkennung, Kauf-Empfehlungen). Sie geben aber auch an, dass KI-Verfahren beim Sortieren großer Datenmengen (89%), beim Tracking mit Cookies (51%) oder bei der GPS-Positionierung (48%) eingesetzt werden. Für diese Schwierigkeit lassen sich mögliche

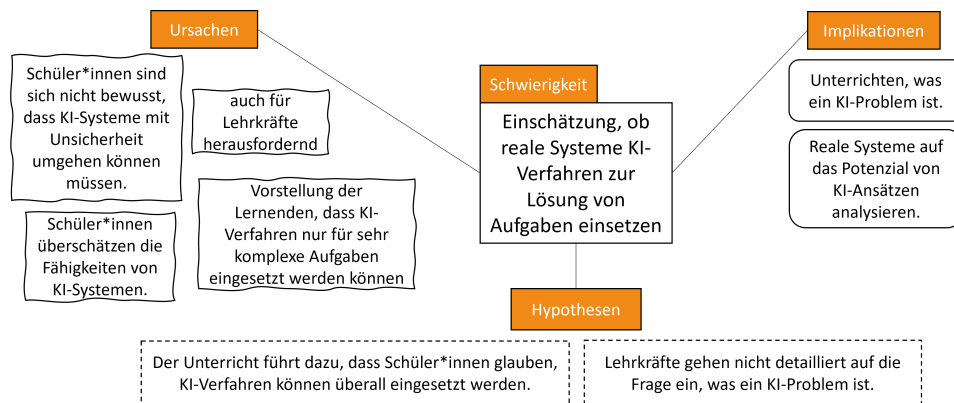


Abb. 3: Kernkategorie Schwierigkeit bei der Bewertung hinsichtlich des Einsatzes von KI-Verfahren

Ursachen in den Daten identifizieren. Zum einen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass den Lernenden nicht bewusst ist, dass der Umgang mit Unsicherheit ein wichtiges Merkmal von KI-Systemen ist. Dies zeigt in etwa die Auswertung der Lernstandserhebung zur Frage, welche der vorgegebenen Aussagen auf KI-Systeme zutreffen: nur 7% der Lernenden geben hier den Umgang mit Unsicherheit an. Zum anderen wurden Vorstellungen der Schüler*innen als Ursachen identifiziert. So berichten die Lehrkräfte, dass die Lernenden KI-Systeme zunächst überschätzen:

*Also das ist mir total hängen geblieben, dass die [Schüler*innen] [...] Fähigkeiten des Tools [...] ein bisschen überschätzt haben. Das würde ich sagen [ist] [...] eine große Fehlvorstellung, die mir zu Beginn begegnet ist. [L3, 00:30:50]*

Oder von der Vorstellung, KI-Verfahren werden nur für komplexe Aufgaben eingesetzt:

Also [...] die weniger Komplexen hatten sie nicht auf dem Schirm. Also KI ist für die schon das Nonplusultra, also diese ganzen ChatGPT-Dinger: Sprachverständigung, autonomes Fahren und so weiter. Das ist für die KI und alles drunter [...] hat mit KI irgendwie nichts zu tun. [L9, 00:12:37]

Zusammenfassend lässt sich auf Basis der Datenanalyse festhalten, dass die Lernenden zu Beginn des Unterrichts eher die Vorstellung haben, KI-Systeme werden nur vereinzelt für besonders komplexe Aufgaben eingesetzt. Nach dem Unterricht hingegen assoziieren sie viele Aufgaben mit KI, auch solche, die nicht mit KI-Verfahren gelöst werden wie die Lernstandserhebung zeigt. Eine weitere Ursache für die gefundene Schwierigkeit liegt in der Komplexität realer Systeme. In den Interviews und im abschließenden Workshop berichten die Lehrkräfte, dass die Bewertung von Technologien und Aufgaben hinsichtlich des Einsatzes von KI-Verfahren auch für sie selbst herausfordernd ist.

Aus dieser Schwierigkeit und ihren Ursachen lassen sich zwei *Hypothesen* ableiten. Erstens verändert der Unterricht zwar die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schüler*innen zum Einsatz von KI-Verfahren, er überführt sie jedoch scheinbar in die falsche Vorstellung, dass KI-Verfahren überall gewinnbringend eingesetzt werden können. Zweitens lässt sich aus dem Unterrichtsmaterial und der Diskussion mit den Lehrkräften ableiten, dass die allgemeine Betrachtung, für welche Art von Problemen KI-Verfahren eingesetzt werden können, im Unterricht nur eine untergeordnete Rolle gespielt hat.

Weitere Schwierigkeiten im Überblick Die weiteren drei identifizierten Schwierigkeiten sollen kurz vorgestellt werden. Die erste betrifft *Schwierigkeiten bei der Unterscheidung zwischen wissens- und datenbasierten Ansätzen*. Als Ursachen hierfür zeigen sich in den Daten die Sprache („alles mit Daten ist datenbasiert“), die Ablehnung der Lernenden von wissensbasierten Ansätzen als KI-Systeme sowie die Vorstellung, dass ein trainiertes KI-System zu einem wissensbasierten System wird. Daraus wurde im Rahmen der Datenauswertung die Hypothese abgeleitet, dass die Betrachtung von Entscheidungsbäumen als eingeführtes Beispiel für einen Algorithmus des maschinellen Lernens diese Schwierigkeit verstärkt. Insbesondere da Entscheidungsbäume auch wissensbasiert erstellt werden können. Die Lehrkräfte im Workshop sind von dieser Hypothese nicht überzeugt und betonen stattdessen das Potenzial von Entscheidungsbäumen zur Abgrenzung der beiden Ansätze.

Eine weitere identifizierte Schwierigkeit zeigt sich bei der *Bewertung der Ergebnisse von KI-Modellen unter Einbezug von Trainingsdaten und Hyperparametern*. Als Ursachen hierfür wurden in den Daten zum einen verschiedene Schwierigkeiten bei der Anwendung von KI-Verfahren, vor allem aber für diese Aufgabe ungeeignete Werkzeuge identifiziert. So zeigt sich bei der Datenanalyse etwa, dass das im Unterricht eingesetzte Programm Orange Data Mining zwar viele Möglichkeiten bietet, der Einstieg für die Lernenden aber schwierig ist und viel Zeit in Anspruch nimmt. Die Lehrkräfte bekräftigen die daraus abgeleitete Hypothese, dass die Lernenden keine KI-Systeme gestalten. Ihrer Meinung nach ist dies im Unterricht aber mitunter gar nicht möglich und im Lehrplan auch nicht vorgesehen.

Als vierte Schwierigkeit wurde die *Anwendung gelernter Konzepte auf reale Beispiele* identifiziert. Als mögliche Ursache, insbesondere im Bereich der neuronalen Netze, wurde in der Datenauswertung die Komplexität der Delta-Lernregel eines Perzeptrons identifiziert. Die Lehrkräfte bestätigten zwar teilweise, dass nur interessierte Schüler*innen diese vollkommen durchdrungen haben, sahen darin aber keine Ursache für die Schwierigkeit der Anwendung auf reale Beispiele. Zustimmung fand hingegen die identifizierte Ursache einer zu großen Diskrepanz zwischen didaktisch reduzierten Beispielen und realen KI-Anwendungen. Daran anknüpfend wurde die Frage aufgeworfen, wie diese Lücke geschlossen werden kann.

4.2 Adressierung der Schwierigkeiten im Unterricht (FF2)

Im Abschlussworkshop erarbeiteten die Lehrkräfte verschiedene Möglichkeiten, den Unterricht in Bezug auf die gefundenen Schwierigkeiten weiterzuentwickeln. Bezüglich der Schwierigkeit der Bewertung von Aufgaben hinsichtlich des Einsatzes von KI-Verfahren waren sich die Lehrkräfte einig, dass es erstens gewinnbringend ist, die Frage, was ein KI-Problem ist, eingehend im Unterricht zu betrachten. Dazu wollen sie im Unterricht z. B. Indizien besprechen, die auf KI-Systeme hindeuten (Umgang mit Unsicherheit, zu großer Problemraum). Zum Zweiten wollen sie möglichst viele Systeme und Phänomene aus der Lebenswelt daraufhin untersuchen, ob KI-Verfahren eingesetzt werden. Dabei argumentieren die Lehrkräfte, dass es wichtig ist, auch Systeme ohne KI-Einsatz zu betrachten und zu begründen, warum keine KI-Verfahren eingesetzt werden. Sie äußern aber auch, dass es ihnen selbst teilweise an fachlicher Expertise mangelt, reale Systeme richtig einzuschätzen.

In Bezug auf die Unterscheidung zwischen wissens- und datenbasierten Ansätzen wollen die Lehrkräfte im zukünftigen Unterricht reale, aktuell eingesetzte wissensbasierte KI-Systeme zeigen. Es fiel ihnen jedoch schwer, solche mit Alltagsbezug der Schüler*innen zu finden. Zudem wollen die Lehrkräfte den grundlegenden Unterschied der beiden Ansätze explizit und an mehreren Stellen des Unterrichts, z. B. anhand des Entscheidungsbaums herausarbeiten. Um die Bewertung der Ergebnisse von KI-Modellen zu unterstützen, planen die Lehrkräfte in Zukunft möglichst wenig abstrakte Begriffe einzuführen (z. B. Gütekriterien bei der Evaluation von KI-Modellen) und stattdessen an vertraute Begriffe der Lernenden anzuknüpfen (z. B. Vierfeldertafel für Konfusionsmatrix). Daneben wollen sie sowohl kleine, reduzierte als auch echte Datensätze verwenden. Als Art Zwischenstadium würden sie gerne große Datensätze einsetzen, die so präpariert sind, dass die Veränderung von bestimmten Hyperparametern einen deutlichen und für die Schüler*innen leicht wahrnehmbaren Effekt auf das Ergebnis hat. Solche Datensätze fehlen ihnen jedoch bisher. Um der Schwierigkeit der Anwendung auf reale Kontexte zu begegnen, nennen die Lehrkräfte Videos, in denen reale Beispiele und deren zugrundeliegenden Konzepte erklärt werden. Die Lehrkräfte geben aber auch an, dass sie aufgrund der hohen Komplexität der Systeme teilweise selbst nicht genau wissen, welche Konzepte bestimmten KI-Systemen zugrunde liegen. Offen bleibt daher auch die Frage, wie der Unterricht an die komplexen KI-Systeme anknüpfen kann, mit denen die Lernenden in ihrem Alltag umgehen.

5 Diskussion und Fazit

In diesem Beitrag wurden mit einem Aktionsforschungsansatz 4 themenspezifische Schwierigkeiten von Lernenden über KI identifiziert: Schwierigkeiten bei der Einschätzung, ob KI-Verfahren zur Bewältigung bestimmter Aufgaben eingesetzt werden, bei der Unterscheidung von wissens- und datenbasierten Ansätzen, bei der Bewertung von KI-Modellen und der Anwendung von Konzepten auf reale Beispiele. Als Ursachen konnten z. B. Vorstellungen der Lernenden, das Fehlen adäquater Werkzeuge sowie eine zu große Lücke zwischen didaktisch reduzierten Unterrichtsbeispielen und realen KI-Systemen identifiziert werden. Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, wurden in Zusammenarbeit mit Lehrkräften Möglichkeiten zur Ausgestaltung des Unterrichts erörtert. Dazu gehören beispielsweise die Erarbeitung von Indizien, die auf den Einsatz von KI-Verfahren hindeuten, die Betrachtung zahlreicher KI-Systeme und Informatiksysteme ohne KI-Einsatz sowie die Verwendung unterschiedlich stark vorstrukturierter Datensätze.

In ihrer Gesamtheit lassen sich die Ergebnisse dieser Studie nicht mit bisherigen Untersuchungen vergleichen, einzelne Aspekte können jedoch eingeordnet werden. Beispielsweise kann die gefundene Schwierigkeit der Bewertung von Aufgaben und Systemen hinsichtlich des Einsatzes von KI-Verfahren in ähnlicher Weise bei [Wi23] und [Zh23] gefunden werden. Auch die Vorstellungen der Lernenden, die als eine der möglichen Ursachen für diese Schwierigkeit identifiziert wurden, knüpfen an bisherigen Erhebungen an [Ki23; Li23].

Die Stichprobe der Lehrkräfte stellt eine Limitation dieses Beitrags dar, da davon ausgegangen werden muss, dass der Unterricht dieser besonders motivierten Lehrkräfte nicht repräsentativ ist. Dennoch ist es wahrscheinlich, dass die hier identifizierten Schwierigkeiten auch in weniger elaborierten Unterrichtssituationen auftreten, unter Umständen dort sogar verstärkt. Anstelle eines expliziten Tests der Reliabilität der Codierung wurden die Ergebnisse sowohl in der Forschungsgruppe als auch abschließend mit den Lehrkräften intensiv diskutiert.

Die aus den Schwierigkeiten abgeleiteten Hypothesen weisen auf weiteren Forschungsbedarf hin. Beispielsweise sollte in zukünftigen Studien weiter untersucht werden, ob der Unterricht Präkonzepte in fachlich unzutreffende Vorstellungen umwandelt. Darüber hinaus bedarf es weiterer Forschung, ob Entscheidungsbäume die Schwierigkeit der Unterscheidung von wissens- und datenbasierten Ansätzen verstärken oder ihr entgegenwirken können. Auch die beiden großen Fragen, wie verpflichtender Unterricht über KI so gestaltet werden kann, dass Lernende eigene KI-Systeme gestalten und wie die Komplexität von realen KI-Systemen im Unterricht angemessen reduziert werden kann, müssen erörtert werden.

Zusammenfassend liefern die vorgestellten Ergebnisse zu themenspezifischen Schwierigkeiten der Schüler*innen wichtige Einblicke für die evidenzbasierte Entwicklung einer Lehr- und Lerntheorie zu KI. Diese muss in zukünftigen Untersuchungen validiert und weiterentwickelt werden. Durch den Ansatz der partizipativen Aktionsforschung konnten gleichzeitig unmittelbare Impulse für die Praxis gewonnen werden, die allen Informatiklehrkräften eine Grundlage bei der Gestaltung und Weiterentwicklung ihres Unterrichts zu KI bieten.

Literaturverzeichnis

- [Be23] Bewersdorff, A.; Zhai, X.; Roberts, J.; Nerdel, C.: Myths, mis-and preconceptions of artificial intelligence: A review of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence* 4, S. 100143, 2023.
- [Ch24] Chiu, T. K.; Chen, Y.; Yau, K. W.; Chai, C.-s.; Meng, H.; King, I.; Wong, S.; Yam, Y.: Developing and validating measures for AI literacy tests: From self-reported to objective measures. *Computers and Education: Artificial Intelligence* 7, S. 100282, 2024.
- [Ei02] Eilks, I.: Participatory Action Research within chemical education: A research method and experiences with its application. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Science Education, Nicosia (Cyprus)*. S. 11–13, 2002.
- [GBM22] Guerreiro-Santalla, S.; Bellas, F.; Mallo, A.: Introducing high school students in natural interaction through the Robobo educational robot. In: *Iberian Robotics conference*. Springer, S. 500–512, 2022.
- [Gr24] Grover, S.: Teaching AI to K-12 learners: Lessons, issues, and guidance. In: *Proceedings of the 55th SIGCSE TS V. 1*. S. 422–428, 2024.
- [Ki23] Kim, K.; Kwon, K.; Ottenbreit-Leftwich, A.; Bae, H.; Glazewski, K.: Exploring middle school students' common naive conceptions of Artificial Intelligence concepts, and the evolution of these ideas. *Education and Information Technologies* 28 (8), S. 9827–9854, 2023.
- [Kr24] Kreinsen, M.; Rabe, A.; Grospietsch, F.; Schulz, S.: Leveraging Conceptual Change regarding Artificial Intelligence in Computer Science Education. In: *Proceedings of the 24th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. S. 1–7, 2024.
- [Li23] Lindner, A.; Müller-Unterweger, M.; Löffler, P.; Lohr, D.; Berges, M.: Von Autonomem Fahren bis Zahnarzt-Vorstellungen von Schüler: innen zu Künstlicher Intelligenz und ihre Integration in den Informatikunterricht. In: *INFOS 2023. GI eV*, S. 93–102, 2023.
- [LSV10] Lodico, M. G.; Spaulding, D. T.; Voegtler, K. H.: *Methods in educational research: From theory to practice*. John Wiley & Sons, 2010.
- [MRS22] Michaeli, T.; Romeike, R.; Seegerer, S.: What students can learn about artificial intelligence—recommendations for K-12 computing education. In: *IFIP World Conference on Computers in Education*. Springer, S. 196–208, 2022.
- [SC98] Strauss, A.; Corbin, J.: *Basics of qualitative research techniques*. Sage Publications, Inc., 1998.
- [SPC19] Sulmont, E.; Patitsas, E.; Cooperstock, J. R.: Can you teach me to machine learn? In: *Proceedings of the 50th ACM technical symposium on computer science education*. S. 948–954, 2019.
- [Vo24] Vo, G. M.; Kreinsen, M.; Ferdinand, R.; Pancratz, N.: Draw, Find, and Describe AI for Me: Investigating Learners' Conceptions of Artificial Intelligence. In: *2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, S. 01–05, 2024.
- [Wi23] Williams, R.; Ali, S.; Devasia, N.; DiPaola, D.; Hong, J.; Kaputsos, S. P.; Jordan, B.; Breazeal, C.: AI+ ethics curricula for middle school youth: Lessons learned from three project-based curricula. *Journal of AI in Education* 33 (2), S. 325–383, 2023.
- [Zh23] Zhang, H.; Lee, I.; Ali, S.; DiPaola, D.; Cheng, Y.; Breazeal, C.: Integrating ethics and career futures with technical learning to promote AI literacy for middle school students: An exploratory study. *Journal of AI in Education* 33 (2), S. 290–324, 2023.