



Medienimpulse
ISSN 2307-3187
Jg. 64, Nr. 3, 2026
doi: 10.21243/mi-26-03-18
Lizenz: CC-BY-NC-ND-3.0-AT

Künstliche Intelligenz aktiv mitgestalten: Eine kritische Analyse von AI Literacy Frameworks zur Ableitung fächerübergreifender Designprinzipien

Uwe Neuhaus

Die Sicherung von Mündigkeit im Umgang mit Künstlicher Intelligenz (KI) erfordert eine kritisch-konstruktive Allgemeinbildung, die zur aktiven Mitgestaltung befähigt. Trotz bildungspolitischer Forderungen bleibt die unterrichtliche Umsetzung bislang jedoch vage („Mitgestaltungslücke“). Der Beitrag analysiert mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse zwölf AI Literacy Frameworks und kontrastiert die Befunde mit medienpädagogischen Leitbildern sowie dem datenwissenschaftlichen Vorgehensmodell DASC-PM. Die

identifizierten strukturellen Leerstellen manifestieren sich in vier bipolaren Spannungsfeldern und zeigen sich exemplarisch als prozessuale Fragmentierung sowie applikative Oberflächenfixierung. Zur Adressierung dieser Defizite leitet die Untersuchung zehn fächerübergreifende Designprinzipien ab. Diese bieten empirisch und theoretisch fundierte Orientierungspunkte, um bildungspolitische Vorgaben im Unterricht zu operationalisieren.

Securing autonomy with regard to artificial intelligence (AI) requires a critical-constructive general education that empowers learners to actively shape these systems. However, despite educational policy demands, classroom implementation has so far remained vague (the "shaping gap"). Using a qualitative content analysis, this paper examines twelve AI literacy frameworks and contrasts the findings with media pedagogical models and the data science process model DASC-PM. The identified structural gaps manifest in four bipolar fields of tension and characteristically appear as processual fragmentation and application-oriented surface fixation. To address these deficits, the study derives ten cross-curricular design principles. These provide an empirically and theoretically grounded framework to operationalize educational policy requirements in classroom practice.

1. Einleitung

Die soziotechnische Durchdringung von Lebens- und Bildungsbereichen durch *Künstliche Intelligenz* (KI) prägt den gesellschaftlichen Wandel (OECD, 2026; UNESCO, 2025). Algorithmenbasierte

Systeme von Prognosemodellen bis zu generativen Anwendungen strukturieren Alltag, Teilhabe und öffentliche Diskurse (Kultusministerkonferenz, 2024). Diese Dominanz statistischer Mustererkennung erfordert eine Neubewertung von Mündigkeit in der digital vernetzten Welt im Sinne einer kritisch-konstruktiven Allgemeinbildung (Klafki, 2007) im Spannungsfeld technologischer, gesellschaftlicher und subjektiver Perspektiven (Brinda et al., 2019). Schule darf nicht bloß funktionale Bedienkompetenzen vermitteln, sondern muss zur kritisch-reflektierten Mitgestaltung befähigen (European Commission, 2026; UNESCO, 2024). Da KI Kognition externalisiert und durch datenbasierte Korrelationen ersetzt wird (Nassehi, 2019), verlangt Mündigkeit, informationstechnische Wirkmechanismen – wie das Zusammenspiel von Trainingsdaten, Modellparametern und Evaluationsmetriken – grundlegend zu durchdringen (Deutsche Telekom Stiftung, 2025; Losch et al., 2025). Nach Freire (2018) löst diese Mitgestaltung Lernende aus der passiven Objektrolle technischer Betroffenheit hin zu handlungsfähigen Subjekten.

In Anlehnung an nationale und internationale Frameworks (Ehlers et al., 2024; OECD, 2025; UNESCO, 2024) versteht diese Arbeit *AI Literacy* als gestuftes Gefüge kognitiver, praktischer und reflexiver Fähigkeiten zur Bewältigung lebensweltlicher Anforderungen, das als Fundament einer zeitgemäßen Allgemeinbildung ab der Primarstufe dient. *KI-Bildung* spannt hierzu den medienpädagogisch und informatikdidaktisch reflektierten Rahmen auf: Sie umfasst die ethische, soziokulturelle und subjektorientierte Persönlich-

keitsentwicklung mit Mündigkeit als oberstem Zielhorizont (Filk, 2026; Seegerer et al., 2019). Ergänzend fokussiert die Untersuchung das *aktive Mitgestalten von KI-Systemen*, um die schöpferische Praxis und soziotechnische *Agency* der Lernenden hervorzuheben. Hierfür sprechen drei zentrale bildungstheoretische Gründe: die Erschließung technologischer Tiefenstrukturen, der konstruktivistische Anspruch produktiver Gestaltung sowie die kollaborative Natur von Entwicklungsprozessen.

Analog zur Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) verortet sich Mitgestalten auf der höchsten Stufe des Erschaffens (Creating). Abgegrenzt von reiner Nutzung umfasst es diesen soziotechnischen Gestaltungsprozess auf drei interdependenten Dimensionen, die sich an professionellen datenwissenschaftlichen Workflows orientieren: (1) der *Problem- und Konzeptionsebene* zur ethisch-ökologischen Abwägung von KI-Szenarien, (2) der *Entwicklungs- und Modellebene* zur informationstechnischen Praxis von der Datenkuration bis zum Modelltraining und (3) der *Evaluations- und Steuerungsebene* zur kontinuierlichen Überprüfung im Echtbetrieb, um menschliche Entscheidungsmacht zu sichern.

Aus dieser Synthese konstruktiver und kritischer Facetten erwächst jedoch ein Operationalisierungsdefizit: Obwohl bildungspolitische Vorgaben und fachdidaktische Diskurse konsensual fordern, Lernende zur aktiven Mitgestaltung von KI-Systemen zu befähigen, bleibt die konkrete Ausgestaltung vage. Diese Leerstelle wird hier als *Mitgestaltungslücke* konzeptualisiert.

Angeichts dieser Mitgestaltungslücke analysiert die Untersuchung die Ebene der AI-Literacy-Konzeptionen. Da AI-Literacy-Frameworks als Scharnier zwischen Bildungspolitik und Unterrichtsentwicklung fungieren, wird untersucht, inwieweit sie das aktive Mitgestalten von KI-Systemen bereits systematisch adressieren, wie detailliert sie es konturieren und welchen Nutzwert sie für die didaktische Strukturierung von Lehr-Lern-Prozessen bieten. Hierzu dient eine kriteriengeleitete qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2024) von zwölf nationalen und internationalen AI Literacy Frameworks. Deren Befunde werden mit medienpädagogisch-informatikdidaktischen Leitbildern sowie einem professionellen *Data Science Process Model* (DASC-PM; Schulz et al., 2026) kontrastiert, um potenzielle strukturelle Leerstellen aufzudecken und gestaltungsorientierte Designprinzipien für den fächerübergreifenden Transfer abzuleiten. Daraus resultieren die übergeordnete Hauptfrage sowie drei Forschungsfragen (FF):

- Hauptfrage: *Wie lässt sich die Handlungsdimension der aktiven KI-Mitgestaltung auf Basis bestehender AI Literacy Frameworks konzeptionell-didaktisch für fächerübergreifenden Unterricht operationalisieren?*
- FF 1: *Mit welcher konzeptionellen Tiefe und prozessualen Granularität strukturieren aktuelle Frameworks die aktive KI-Mitgestaltung?*
- FF 2: *Welche strukturellen Bezüge und potenziellen Leerstellen zeigen sich beim Vergleich dieser Frameworks mit Perspektiven kritisch-konstruktiver KI-Bildung sowie professioneller datenwissenschaftlicher Praxis?*
- FF 3: *Welche didaktischen Designprinzipien lassen sich zur Förderung aktiver KI-Mitgestaltung im Unterricht ableiten?*

Der Aufbau der Arbeit folgt diesem Forschungsverlauf: Kapitel 2 entfaltet die bildungstheoretische Fundierung und führt das DASC-PM als Referenzrahmen ein. Nach der Methodik (Kap. 3) und den Befunden (Kap. 4) diskutiert Kapitel 5 die Gestaltungsleerstellen. Hieraus leitet Kapitel 6 zehn fächerübergreifende Designprinzipien ab, bevor die Arbeit mit Fazit und Ausblick (Kap. 7) schließt.

2. Theoretische Fundierung: Mitgestaltung als Kern der AI Literacy

Die Handlungsdimension *KI-Systeme aktiv mitgestalten* verbindet technologische Fachlichkeit mit kritischer Mündigkeit. Das Frankfurt-Dreieck (Brinda et al., 2019) dient dabei als ordnendes Metamodell, das Bildung in der digitalisierten Welt aus drei verschränkten Perspektiven betrachtet: technologisch-strukturell, gesellschaftlich-kulturell und interaktionsorientiert. Darauf aufbauend gliedert sich die KI-Mitgestaltung in eine epistemische, eine gesellschaftlich-emanzipatorische und eine didaktisch-reflexive Dimension.

2.1 Epistemische Dimension: Erkenntnisgewinn durch Konstruktion

Die epistemische Fundierung der Mitgestaltung gründet im Konstruktivismus nach Papert (1980). KI-Modelle werden als *Objects-to-think-with* – als explizite Repräsentationen eigener Denkprozesse und Datenlogiken – begriffen. Die aktive Modellierung (z. B. Datenkuration, Zielvariablendefinition) entmystifiziert die Technolo-

gie, da Lernende ihre Problemlösekonzepte für die maschinelle Verarbeitung formalisieren müssen.

Resnick (2018) erweitert diesen Ansatz über die *Creative Learning Spiral* (Imagine, Create, Play, Share, Reflect) und die vier Ps (Projects, Passion, Peers, Play). Die Übertragung auf die *Computational Participation* (Kafai & Burke, 2014) verlagert die Modellierung vom isolierten Programmierakt zur kollaborativen Aushandlung in diskursiven Netzwerken, was mentale Modelle verfeinert.

Schelhowe (2007) ergänzt eine körperlich-sinnliche, kulturtheoretische und geschlechtersensible Perspektive: Das sensorische Begreifen macht Technik als gestaltbares Medium erfahrbar. Ein pluralistischer Zugang (ästhetisch, narrativ, spielerisch) baut Hürden für marginalisierte Gruppen – insbesondere Schülerinnen – ab und etabliert Mitgestaltung als Akt kultureller Selbstwirksamkeit, der formale, technische Aneignungsbarrieren überwindet.

Mitgestaltung transformiert KI damit vom abstrakten Phänomen zum gemeinschaftlich verhandelbaren und sinnlich begreifbaren Denkwerkzeug, das formale Aneignungsbarrieren überwindet.

2.2 Gesellschaftlich-emanzipatorische Dimension: Mitgestaltung als *Agency*

Klafkis (2007) kategoriale Bildung legitimiert die Mitgestaltung, da die gesellschaftliche KI-Durchdringung zentrale epochaltypische Schlüsselprobleme – etwa soziokulturelle Ungleichheit und technologische Fremdbestimmung – neu zuspitzt. Allgemeinbildung muss über funktionale Bedienkompetenzen hinausgehen und zur

Selbstbestimmungs-, Mitbestimmungs- und Solidaritätsfähigkeit befähigen. Die aktive Mitgestaltung (z. B. die Korrektur unausgewogener Datensätze) übersetzt diese Ziele in konkrete demokratische Teilhabe.

Freires (2018) Kritische Pädagogik schärft diesen Anspruch emanzipatorisch: Mündigkeit verlangt ein „Lesen der Welt“ zur Veränderung der Realität. Mitgestaltung fungiert in diesem Sinne als *Digital Agency*: Indem Lernende Modelle selbst trainieren, verlassen sie die passive Objektrolle technischer Betroffenheit. Sie erkennen soziotechnische Strukturen als veränderbar, was den Mythos technologischer Unfehlbarkeit bricht und eine praxisbasierte Machtkritik gegenüber kommerziellen Systemen ermöglicht.

Aktive KI-Mitgestaltung verbindet so Klafkis Anspruch auf demokratische Mitbestimmungsfähigkeit mit Freires emanzipatorischer Agency, indem sie Lernende befähigt, KI-Systeme nicht bloß zu erleiden, sondern gestaltend in gesellschaftliche Verhältnisse einzugreifen.

2.3 Didaktisch-reflexive Dimension: Verschränkung von Konstruktion und Kritik

Methodisch erfordert die Transformation technischer Aktivität in reflexive Kompetenz, Bauen und Kritisieren zu verschränken. Reichs (2012) Triade aus Konstruktion (Erschaffen), Rekonstruktion (Nachvollziehen) und Dekonstruktion (Kritisieren) bietet hierfür den Rahmen, da erst eigene Konstruktionserfahrung zur fundierten Dekonstruktion befähigt. Das systematische Verknüpfen

verschiedener Kritikalitätsebenen – von konkreten Datenverzerrungen über messbare Modellgrenzen bis hin zu gesellschaftlichen Machtstrukturen – macht algorithmische Diskriminierung kommerzieller Systeme sichtbar.

Eingebettet in soziale Praktiken rahmt das bereits in der epistemischen Dimension verankerte Konzept der *Computational Participation* (Kafai & Burke, 2014) die Modellgestaltung als identitätsstiftenden, kulturkritischen Selbstausdruck. Im kollaborativen Teilen und Kritisieren verhandeln Lernende Perspektiven und Werte, was eine technizistische Verengung verhindert, das Ausbilden neuer *Computational Perspectives* (Brennan & Resnick, 2012) begünstigt und Mitgestaltung als emanzipatorischen Beitrag zur digitalen Kultur etabliert.

Didaktisch verlangt KI-Mitgestaltung somit kooperative Lernarrangements, in denen technische Konstruktionsentscheidungen, funktionale Rollen und gesellschaftliche Dekonstruktion prozessintegriert ineinandergreifen.

2.4 Der entwicklungspraktische Referenzrahmen: DASC-PM

Um die zuvor entfalteten bildungstheoretischen Ansprüche (Kap. 2.1–2.3) an realen Gestaltungsprozessen zu spiegeln, bedarf es eines entwicklungspraktischen Bezugsrahmens. Hierzu dient das *Data Science Process Model* (DASC-PM; Schulz et al., 2026), ein Vorgehensmodell für Data-Science- und KI-Projekte. Im Gegensatz zu analyse- oder rein technikfokussierten Ansätzen wie KDD (Fayyad et al., 1996), CRISP-DM (Chapman et al., 2000) oder CRISP-

ML(Q) (Studer et al., 2020) bildet es den gesamten Lebenszyklus datenbasierter Systeme ab – von Projektauftrag und Datenbereitstellung über Modellierung bis zu Nutzbarmachung und Anwendung. Seine explizite Berücksichtigung von Rahmenbedingungen und gesellschaftlichen Implikationen macht es anschlussfähig für reflexive Lehr-Lern-Szenarien.

Als Kontrastierungsfolie wird das DASC-PM dabei nicht als pädagogisches Ideal missverstanden, sondern repräsentiert exemplarisch die ökonomisch geprägten Verwertungslogiken industrieller Praxis. Erst dieser systematische Abgleich legt offen, wo curriculare Entwürfe den realen soziotechnischen Lebenszyklus verengend verkürzen – und ermöglicht es Lernenden zugleich, ebendiese industriellen Entwicklungsmuster im Unterricht kritisch zu dekonstruieren.

2.5 Zusammenführung: Mitgestaltung als integratives Handlungsfeld

Nach der Lernzieltaxonomie von Anderson und Krathwohl (2001) repräsentiert Mitgestaltung die höchste Stufe (*Creating*) und führt technische Strukturierung, gesellschaftliche Reflexion sowie subjektive Handlungserfahrung synergetisch zusammen. Aus dieser Synthese werden fünf Analysekatégorien für die qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2024) abgeleitet und operationalisiert (siehe Tabelle 1):

<i>Kategorie</i>	<i>Fokus der Analyse</i>	<i>Methodischer Zugriff</i>	<i>Skalierung</i>
K1: Verwendete Terminologie	Sprachliche Trennschärfe bei der Beschreibung gestalterischer Akte	Inhaltlich-strukturierende und typologisierende Erfassung nominaler Ausprägungen	Ohne Skalierung
K2: Explizitheit der Gestaltungsebene	Verankerung, informative Tiefe und Zielhorizont der Gestaltungsebene	Evaluativ-ordinale Skalierung	0: fehlend 1: implizit 2: explizit 3: zentral
K3: Prozessuale Granularität	Detaillierungsgrad der abgebildeten Daten-, Modell- und Evaluationsphasen	Evaluativ-ordinale Skalierung	0: fehlend 1: oberflächlich 2: differenziert 3: detailliert
K4: Kritische Reflexivität	Systematische Verknüpfung des Konstruktionsprozesses mit Kritik (z. B. Bias, Modellgrenzen, Machtstrukturen).	Evaluativ-ordinale Skalierung	0: areflexiv 1: deskriptiv 2: analytisch 3: transformativ
K5: Praktischer Instruktionswert	Praktisches Scaffolding (didaktische Formate, Szenarien sowie Werkzeuge) für die fächerübergreifend-inklusive Umsetzung	Evaluativ-ordinale Skalierung	0: fehlend 1: fragmentarisch 2: partiell 3: vollständig

Tabelle 1: Kategoriensystem und Skalierungsbänder der Inhaltsanalyse (CC-BY-SA)

3. Methodik: Kombinierte qualitative Inhaltsanalyse

Zur Erfassung der KI-Mitgestaltung folgt diese Arbeit dem Paradigma der gestaltungsorientierten Bildungsforschung (*Educational Design Research*, EDR; McKenney & Reeves, 2018) und verortet sich in der Phase der Exploration und des ersten theoretischen Entwurfs. Operativ nutzt sie eine kombinierte inhaltlich-strukturierende und evaluative Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2024). Die Korpusbildung ($N = 12$) erfolgte mehrstufig auf Basis der AI-Literacy-Framework-Sammlung des *Center for Education Innovation* (Hong Kong University of Science and Technology [HKUST], 2026). Einschlusskriterien waren die Adressierung des allgemeinen Schulkontexts (K-12) oder das Ziel einer AI Literacy für alle Bürgerinnen und Bürger; rein tertiäre sowie spezifisch berufliche Frameworks wurden ausgeschlossen. Das internationale Kernsample ($n = 7$) wurde anschließend theoriegeleitet um zwei Ansätze zu *Generativer KI (GenAI)* und drei DACH-Frameworks erweitert, um Schulpraxis, informatische Grundbildung und berufliche Anschlussfähigkeit exemplarisch abzubilden (siehe Tabelle 2):

Framework / Quelle	Herkunft	Fokus im Sample
Long und Magerko (2020)	Wissenschaft	Internationaler Basis-Pool (HKUST)
Ng et al. (2021)	Wissenschaft	Internationaler Basis-Pool (HKUST)
Allen und Kendeou (2024)	Wissenschaft	Internationaler Basis-Pool (HKUST)
AI4K12 / Touretzky et al. (2023)	Bildungsakteur	Internationaler Basis-Pool (HKUST)

Digital Promise / Ruiz et al. (2024)	Bildungsakteur	Internationaler Basis-Pool (HKUST)
UNESCO (2024)	Bildungsakteur	Internationaler Basis-Pool (HKUST)
OECD (2025, Draft)	Bildungsakteur	Internationaler Basis-Pool (HKUST)
Zhang und Magerko (2025)	Wissenschaft	Erweiterung: Generative KI
Annapureddy et al. (2025)	Wissenschaft	Erweiterung: Generative KI
Alles et al. (2025)	Schulpraxis	Kontext DACH: Schulpraxis
Losch et al. (2025)	Wissenschaft	Kontext DACH: Informatische Grundbildung
AIComp / Ehlers et al. (2024)	Wissenschaft	Kontext DACH: Berufliche Anschlussfähigkeit

Tabelle 2: Zusammensetzung des Analysekorpus (N = 12) (CC-BY-SA)

Nachfolgend werden die empirischen Befunde der qualitativen Inhaltsanalyse von zwölf AI Literacy Frameworks (FF 1) entlang der Kategorien K1 bis K5 dargestellt; 4.1 Verwendete Terminologie (K1) gibt vorab einen quantifizierenden Überblick über die zugewiesenen Skalenwerte der evaluativen Kategorien (K2 – K5):

<i>Framework/ Quelle</i>	<i>K2 (Expliztheit)</i>	<i>K3 (Granularität)</i>	<i>K4 (Reflexivität)</i>	<i>K5 (Instruktionswert)</i>
Long und Magerko (2020)	2	2	2	2
Ng et al. (2021)	3	2	2	1
Allen und Kendeou	1	0	3	0

(2024)				
AI4K12 / Touretzky et al. (2023)	2	2	2	3
Digital Pro- mise / Ruiz et al. (2024)	2	2	3	2
UNESCO (2024)	3	3	3	3
OECD (2025, Draft)	3	2	2	2
Zhang und Magerko (2025)	1	1	1	1
Annapu- reddy et al. (2025)	2	3	2	1
Alles et al. (2025)	3	2	1	2
Losch et al. (2025)	3	2	1	3
AIComp / Ehlers et al. (2024)	2	2	1	2

Tabelle 3: AErgebnismatrix der evaluativen Kategorieneinstufungen (K2-K5) für das Analysekorpus (N = 12) (CC-BY-SA)

4.1 Verwendete Terminologie (K1)

Während zwei Frameworks Mitgestaltung weitgehend aussparen und AI Literacy über die effektive Nutzung definieren (Allen & Kendeou, 2024; Zhang & Magerko, 2025), adressieren die übrigen

zehn gestalterische Praktiken entlang dreier semantischer Paradigmen:

- *Informatisch-technisches Paradigma*: Beschreibt die KI-Gestaltung über informatische Konzepte und fordert die codebasierte Manipulation algorithmischer Tiefenstrukturen. Indikatoren sind Programmierbarkeit (Long & Magerko, 2020), die Konstruktion von Inferenzalgorithmen (Touretzky et al., 2023), Systemarchitekturen (UNESCO, 2024) sowie die Implementierung und das Feintuning von Machine-Learning-Modellen (Annapureddy et al., 2025; Losch et al., 2025).
- *Gestalterisch-konstruktivistisches Paradigma*: Fokussiert eine phänomenorientierte Systemgestaltung mittels Low-Code-Ansätzen, die eine ethische Gestaltung über die Steuerung von Ein- und Ausgangsvariablen mitadressiert. Im Zentrum stehen das Design des sichtbaren Systemverhaltens (OECD, 2025), wertorientierte Datenkuration (Ruiz et al., 2024) sowie visuelle, codefreie Modellierung (Ng et al., 2021).
- *Organisatorisch-systemisches Paradigma*: Definiert Gestaltungskompetenz auf der Makroebene der Prozessgestaltung als wertorientierte Steuerung (Alles et al., 2025) oder arbeitsweltliche Systemintegration (Ehlers et al., 2024).

4.2 Explizitheit der KI-Mitgestaltung (K2)

Die Gestaltungsebene differenziert sich in drei Dimensionen:

- *Strukturelle Verankerung*: Während die Gestaltungsebene bei Allen und Kendeou (2024) und Zhang und Magerko (2025) nur implizit mitschwingt, bildet sie bei Alles et al. (2025), OECD (2025) und UNESCO (2024) einen eigenständigen, zentralen Kompetenzbereich. Im restlichen Korpus ist sie explizit, aber nicht hierarchisch herausgehoben verankert (z. B. Ehlers et al., 2024).
- *Technologische Tiefe*: Das Spektrum reicht von niedriger Tiefe (reines Prompting: Allen & Kendeou, 2024; Zhang & Magerko,

2025) über mittlere Tiefe (codefreies Training via Teachable Machine oder ML4Kids: Ng et al., 2021) bis zu hoher Tiefe (algorithmische Manipulation in Jupyter-Notebooks oder Snap!: Losch et al., 2025; Touretzky et al., 2023; UNESCO, 2024).

- *Normativer Zielhorizont:* Gestaltende Akte werden entweder epistemisch begründet (mentale Modelle, Entmystifizierung: Losch et al., 2025; Touretzky et al., 2023), organisatorisch-professionell (arbeitsweltliche Problemlösung, berufliche Autonomie: Alles et al., 2025; Ehlers et al., 2024) oder gesellschaftlich-emanzipatorisch (kollektive demokratische Teilhabe: OECD, 2025; Ruiz et al., 2024; UNESCO, 2024).

4.3 Prozessuale Granularität (K3)

Der KI-Entwicklungszyklus wird im Korpus selektiv und mit klaren Phasenschwerpunkten abgebildet:

- *Datenvorbereitung:* Bildungspolitische Frameworks fokussieren Datensammlung, -bereinigung und -kuration zur Bias-Vermeidung (OECD, 2025; Ruiz et al., 2024). Touretzky et al. (2023) operationalisieren dies über altersspezifische Lernziele zur Datensatzerstellung.
- *Modellierung:* Informatiknahe Frameworks konzentrieren sich auf algorithmisches Konstruieren, Modellkonfiguration, Feintuning (Annapureddy et al., 2025; Losch et al., 2025) sowie komplexe Systemarchitekturen mittels professioneller Open-Source-Bibliotheken (UNESCO, 2024).
- *Evaluation und Integration:* Praxisorientierte Modelle betonen die Anwendungsevaluation, die Implementierung im Nutzungskontext und die Optimierung (Alles et al., 2025; Ehlers et al., 2024). Rückkopplungen werden über iterative Feedbackschleifen (OECD, 2025; UNESCO, 2024) oder die Trennung von Lern- und Anwendungsphase (Touretzky et al., 2023) abgebildet.

4.4 Kritische Reflexivität (K4)

Die reflexive Dimension differenziert sich entlang von vier analytischen Systemebenen:

- *Mikro-Ebene (Fairness und Daten-Bias)*: Reflektiert datenbasierte Verzerrungen im Machine-Learning-Prozess durch unvollständige oder einseitige Datensätze (Long & Magerko, 2020; Losch et al., 2025; Touretzky et al., 2023).
- *Meso-Ebene (Menschliche Autonomie und Agency)*: Fokussiert die menschliche Souveränität im Interaktionsdreieck Mensch-System-Umwelt. Dies umfasst den Schutz vor informationeller Bevormundung (Ehlers et al., 2024), Führungsverantwortung (Alles et al., 2025) sowie Grenzen maschineller Handlungsmacht (Ruiz et al., 2024; UNESCO, 2024).
- *Ressourcen-Makro-Ebene (Ökologische Nachhaltigkeit)*: Behandelt den Ressourcen- und Energiebedarf der KI-Infrastruktur (OECD, 2025) und fordert die Abwägung mit nicht-KI-basierten Alternativen bei der Problemdefinition (UNESCO, 2024).
- *Emanzipatorische Makro-Ebene (Strukturelle Machtasymmetrien)*: Analysiert Technologie-Monopole, globale Ungleichheiten und Grundrechte (OECD, 2025; Ruiz et al., 2024). Die UNESCO (2024) fordert explizit die Kompetenz, bei Menschenrechtsverletzungen die Abschaltung von KI-Systemen einzufordern.

Empirisch zeigt sich eine Polarisierung zwischen prozessualer Granularität (K3) und kritischer Reflexivität (K4): Während Frameworks mit detaillierter Modellierungsphase den Reflexionsfokus auf die kritisch-reflexive Mikro-Ebene verengen (z. B. Losch et al., 2025), koppeln Entwürfe mit umfassender Makro-Reflexion (OECD, 2025; Ruiz et al., 2024) diese an eine geringere prozessuale Gestaltungstiefe.

4.5 Didaktische Operationalisierung und Scaffolding (K5)

Der Instruktionswert der untersuchten Frameworks gliedert sich in vier didaktische Dimensionen:

- *Werkzeug- und Technologie-Taxonomien:* Systematisieren den Zugriff über Hardware, Software und Unplugged-Materialien (Ng et al., 2021). Neben visuellen Black-Box-Systemen für den Einstieg nutzen fortgeschrittene Szenarien Jupyter-Notebooks oder Snap! (Losch et al., 2025; Touretzky et al., 2023) bis hin zu professionellen Programmbibliotheken wie TensorFlow und PyTorch (UNESCO, 2024).
- *Methodische Lehr- und Lernformate:* Priorisieren kooperative, soziale Interaktionsformen (Long & Magerko, 2020) sowie problem- und projektbasiertes Lernen wie schulische Hackathons oder Laborformate (Ng et al., 2021; UNESCO, 2024).
- *Curriculare Planungsraster und Diagnoseinstrumente:* Bieten Altersstufenraster (Touretzky et al., 2023) oder dreistufige Kompetenzmatrizen (UNESCO, 2024). Zur Leistungsbewertung werden Portfolios und kriterienbezogene Messungen empfohlen (Ng et al., 2021; UNESCO, 2024); die fächerspezifische Verankerung bleibt vage.
- *Alters- und kontextspezifische Anwendungsszenarien:* Reichen von Personas (OECD, 2025) bis zu skizzierten Unterrichtsentwürfen wie einfachen Entscheidungsbäumen in der Primarstufe oder simulierten Kreditwürdigkeitsprüfungen in der Sekundarstufe (UNESCO, 2024).

Der praktische Instruktionswert (K5) bleibt im Großteil des Samples oberflächlich; differenzierte Planungsraster und Anwendungsszenarien sind seltene Ausnahmen. Das didaktische Scaffolding beschränkt sich meist auf isolierte methodische Ratschläge und vernachlässigt eine fächerübergreifende Curriculumentwicklung.

5. Diskussion: Didaktische Gestaltungsleerstellen an der Schnittstelle von Bildungstheorie und datenwissenschaftlicher Praxis

Zur Beantwortung von FF 2 werden die empirischen Befunde doppelpolig kontrastiert: bildungstheoretisch anhand des Frankfurt-Dreiecks (Brinda et al., 2019) und entwicklungspraktisch entlang des *Data Science Process Models* (DASC-PM; Schulz et al., 2026), um schulische Modellierungsprozesse an professionellen Praktiken zu spiegeln.

5.1 Technologisch-mediale Perspektive

Diese Perspektive fokussiert das Struktur- und Funktionsverständnis digitaler Systeme (Brinda et al., 2019). Für eine aktive KI-Mitgestaltung erfordert dies Methoden und Werkzeuge, die informationstechnische Daten- und Modellprozesse handlungsnah erschließen.

LS 1 – Verengte Partizipation

- *Normatives Soll*: Aktive Konstruktion und physisches Durchspielen von Modellierungsprozessen formen tragfähige mentale Modelle, entmystifizieren die Technologie und beugen Anthropomorphisierungen vor (vgl. Kap. 2.1).
- *Empirisches Ist*: Eine detaillierte prozessuale Mitgestaltung zeigen fast exklusiv informatiknahe Frameworks (z. B. Losch et al., 2025; Touretzky et al., 2023). Diese verknüpfen sie mit formal-abstrakten Konzepten und setzen meist eine leistungsfähige IT-Infrastruktur voraus.
- *Resultierendes Defizit*: Das entstehende technozentrische KI-Bild verengt die Partizipation. Da Technik primär als abstrakt-formal

statt als gestaltbares, sinnliches Medium gerahmt wird, blockiert dies geschlechtersensible, spielerisch-ästhetische Zugänge auf Gegenstandsebene (vgl. Schelhowe, Kap. 2.1).

LS 2 – Verdeckte Systemstrukturen

- *Normatives Soll:* KI-Modelle müssen als *Objects-to-think-with* (vgl. Papert, Kap. 2.1) fungieren, deren innere Funktionslogik durch graduelle, altersgerechte Öffnung von Abstraktionsschichten kognitiv zugänglich wird.
- *Empirisches Ist:* Um Programmierbarrieren zu umgehen, nutzen viele Frameworks insbesondere für jüngere Lerngruppen Black-Box-Werkzeuge (z. B. Ng et al., 2021); das Lernen verbleibt dabei auf der Phänomenebene.
- *Resultierendes Defizit:* Verdeckte Systemstrukturen erschweren das Erkennen innerer Wirkmechanismen. Ohne flexible Abstraktionsebenen und durchdringbare White-Box-Modelle entstehen leicht Fehlvorstellungen über Systemarchitektur und Funktionsweise.

LS 3 – Verkürzter Prozess

- *Normatives Soll:* Die Erschließung von KI erfordert ein Verständnis des gesamten iterativen Lebenszyklus datenbasierter Systeme. Didaktische Szenarien müssen den vollständigen datenwissenschaftlichen Prozess abbilden (vgl. DASC-PM, Kap. 2.4).
- *Empirisches Ist:* Das Korpus offenbart eine Phasenfragmentierung: Bildungspolitische Entwürfe fokussieren meist die Datenvorbereitung, informatiknahe Frameworks die Modellierung und praxisorientierte Ansätze die Anwendungsphase.
- *Resultierendes Defizit:* Die Verkürzung auf Teilprozesse verhindert, dass Lernende das interdisziplinäre Zusammenspiel von der Problemdefinition bis zur realweltlichen Wirkung nachvollziehen und KI ganzheitlich mitgestalten.

5.2 Gesellschaftlich-kulturelle Perspektive

Diese Perspektive untersucht Wechselwirkungen zwischen Technologie, Individuum und Gesellschaft zur kritisch-reflektierten Teilhabe (Brinda et al., 2019). Für eine kritisch-konstruktive KI-Bildung erfordert dies die Analyse plattformökonomischer Machtsymmetrien, algorithmischer Diskriminierung und normativer Implikationen automatisierter Entscheidungen.

LS 4 – Fehlende Kontextualisierung

- *Normatives Soll:* Mündigkeit verlangt, den gesellschaftlichen Entstehungskontext von KI-Systemen offenzulegen und ihre Sinnhaftigkeit kritisch zu prüfen (vgl. Klafki, Kap. 2.2; Freire, Kap. 2.2).
- *Empirisches Ist:* Im Abgleich mit dem DASC-PM (Schulz et al., 2026) überspringen fast alle Frameworks die Phasen Projektauftrag und Datenbereitstellung; der Einstieg erfolgt häufig auf Grundlage bereits aufbereiteter Datensätze.
- *Resultierendes Defizit:* Die fehlende Kontextualisierung verdeckt den Entstehungszusammenhang von Daten und Systemen. Dies reduziert KI-Bildung auf eine entkoppelte Betrachtung technischer Systeme und erschwert systemisch-kritische Reflexion.

LS 5 – Strukturelle Barrieren

- *Normatives Soll:* Demokratische Teilhabe an Gestaltungsprozessen setzt Lernumgebungen voraus, deren Zugang und Nutzung weitgehend frei von technischen, rechtlichen oder organisatorischen Hürden sind (vgl. Freire, Kap. 2.2).
- *Empirisches Ist:* Die Frameworks ignorieren weitgehend schulpraktische Hürden wie die DSGVO-Konformität, administrative Restriktionen schulischer IT-Infrastrukturen und sozioökonomische Rahmenbedingungen.

- *Resultierendes Defizit:* Das Ausblenden dieser Realität verfestigt strukturelle Barrieren und vertieft die digitale Spaltung. Privilegierte Standorte bewältigen rechtlich-organisatorische Hürden durch bessere Ressourcen leichter, während Schulen in benachteiligten sozialen Lagen eingeschränkt bleiben. Ein emanzipatorischer Technikzugang verlangt daher niedrigschwellige, datenschutzkonforme Lösungen.

5.3 Interaktionsperspektive

Diese Perspektive fokussiert das Handeln des Subjekts mit Technologie sowie resultierende Identitäts- und Vergemeinschaftungsprozesse (Brinda et al., 2019). Im Sinne einer kritisch-konstruktiven KI-Bildung erfordert dies die methodische Verschränkung von Schöpfung, Kritik und sozialer Interaktion.

LS 6 – Reduzierte Agency

- *Normatives Soll:* Für eine *Digital Agency* müssen Lernende entscheidende Weichenstellungen algorithmischer Prozesse erkennen und beherrschen sowie fundamentale, langlebige Konzepte des maschinellen Lernens durchdringen (vgl. Freire, Kap. 2.2; Klafki, Kap. 2.2).
- *Empirisches Ist:* Neuere Frameworks verengen Mitgestaltung unter dem Eindruck generativer KI teils auf sprachliche Interaktion via Prompt-Engineering (Zhang & Magerko, 2025).
- *Resultierendes Defizit:* Die Beschränkung auf die Interaktionsebene reduziert die *Agency*, da der Zugang zu grundlegenden Modellstrukturen fehlt. Die Fixierung auf Benutzeroberflächen begünstigt zudem kurzlebiges Versionswissen statt stabiler informatischer Konzepte und schmälert so die emanzipatorische Handlungsfähigkeit.

LS 7 – Ungelöste Dialektik

- *Normatives Soll:* Eine kritische Analyse (Dekonstruktion) gesellschaftlicher Wirkmacht setzt eigene Gestaltungserfahrung (Konstruktion) voraus (Reichs K-R-D-Triade, vgl. Kap. 2.3). Erst diese Verschränkung ermöglicht es, den Ansatz *Ethics by Design* in den Systemstrukturen zu realisieren.
- *Empirisches Ist:* Es zeigt sich eine doppelte Asymmetrie: Gesellschaftskritische Frameworks fordern weitgehende Reflexion ohne hinreichende Konstruktionsbasis; informatiknahe Frameworks ermöglichen tiefe Konstruktion, verengen den Fokus aber auf die reflexive Mikroebene.
- *Resultierendes Defizit:* Diese Polarisierung spiegelt eine ungelöste Dialektik von Konstruktion und Kritik wider. Die Trennung verhindert die praktische Erfahrung, wie ethische Werte durch Entwurfsentscheidungen unmittelbar im Systemdesign wirken.

LS 8 – Vernachlässigte Kollaboration

- *Normatives Soll:* Technikgestaltung muss als soziale Praxis (*Computational Participation*) gerahmt werden, in der Lernende durch das kollaborative Verhandeln eigener Artefakte eine gestalterische Identität ausbilden (vgl. Kap. 2.3).
- *Empirisches Ist:* Die gemeinschaftsorientierte Dimension bleibt im Korpus auf unstrukturierte Hinweise zur Gruppenarbeit beschränkt; Kooperation ist im Vergleich zum DASC-PM nicht rollenbezogen differenziert.
- *Resultierendes Defizit:* Die kollaborative Dimension bleibt deutlich hinter professionellen Standards zurück. Ohne funktionale Rollenarchitektur drohen exkludierende Gruppendynamiken, was gleichberechtigte Partizipation und die Ausbildung umfassender *Computational Perspectives* erschwert.

6. Designprinzipien zur Förderung aktiver KI-Mitgestaltung

Zur Beantwortung von FF 3 übersetzen zehn feingranulare Designprinzipien (DP 1–10) die empirischen Leerstellen (vgl. Kap. 5) spiegelbildlich in funktionale Anforderungen. Im Sinne des EDR-Paradigmas fungieren diese Prinzipien als Heuristiken, die Theorie und Empirie in handlungsleitende Empfehlungen für die Praxis überführen (McKenney & Reeves, 2018). Sie beanspruchen keine absolute Allgemeingültigkeit, sondern bieten Orientierung für spezifische gestalterische Herausforderungen. Die Heuristiken adressieren die Curriculum- und Lehrplanentwicklung, das didaktische Design fächerübergreifender Materialien, die Lernsoftwareentwicklung sowie die Lehrkräftefortbildung.

Tabelle 4 visualisiert die systematische Zuordnung der Designprinzipien zu den empirischen Leerstellen als m:n-Beziehung: Einzelne Designprinzipien wirken synergetisch auf mehrere Leerstellen, während komplexe Leerstellen komplementäre Lösungen erfordern:

<i>Designprinzip</i>	<i>LS 1</i>	<i>LS 2</i>	<i>LS 3</i>	<i>LS 4</i>	<i>LS 5</i>	<i>LS 6</i>	<i>LS 7</i>	<i>LS 8</i>
DP 1	x				x			
DP 2					x			
DP 3	x					x		
DP 4			x	x				
DP 5		x				x		
DP 6				x		x		
DP 7		x				x		
DP 8				x			x	

DP 9							x	
DP 10		x						x

Tabelle 4: Systematisches Mapping der Designprinzipien (DP) auf die empirischen Leerstellen (LS) (CC-BY-SA)

Die Prinzipien gliedern sich in vier Handlungsfelder einer aktiven KI-Mitgestaltung:

Handlungsfeld I: Infrastrukturelle und regulative Einbettung

DP 1: Infrastrukturelle Barrierearmut

- *Definition:* Die KI-Lernumgebung sollte browserbasiert, registrierungsfrei cloudbasiert oder plattformunabhängig offline lauffähig sein, um eine Ausführung auf Standard-Schulhardware ohne administrative Hürden zu ermöglichen.
- *Rationale:* Niedrige infrastrukturelle Barrieren begünstigen die schulpraktische Umsetzbarkeit und soziokulturelle Inklusion, ohne die informationstechnische Validität wesentlich einzuschränken (siehe Kap. 2.1).

DP 2: Funktionale De-Individualisierung

- *Definition:* Die KI-Lernumgebung sollte anonymisierte Schnittstellen, unpersonalisierte Pool-Zugänge oder lokale, datensparsame Modelle nutzen, um die Verarbeitung personenbezogener Daten weitgehend zu vermeiden.
- *Rationale:* Eine de-individualisierte Infrastruktur minimiert die Profilbildung bei DSGVO-kritischen Datenabflüssen und erleichtert so rechtsichere, explorative Zugänge (siehe Kap. 2.3).

Handlungsfeld II: Didaktisch-methodische Zugänge

DP 3: Multimodale Interaktion

- *Definition:* KI-Lernumgebungen sollten für den Erstzugang haptische oder visuelle Modellierungsebenen ohne syntaktische Programmierbarrieren bieten.

- *Rationale:* Dies unterstützt den Abbau formaler Einstiegshürden, erweitert eine verengt-abstrakte Technikwahrnehmung und macht KI-Systeme als sinnliches, gestaltbares Medium zugänglich (siehe Kap. 2.1).

DP 4: Kontextadäquate Gesamtprozessintegration

- *Definition:* Die didaktische Rahmung sollte den KI-Entwicklungszyklus kontextadäquat als rückgekoppelten Gesamtprozess abbilden.
- *Rationale:* Der Durchlauf des Gesamtprozesses kann den gesellschaftlichen Entstehungskontext offenlegen, menschlich-algorithmische Interdependenz sichtbar machen und emanzipatorische Handlungsfähigkeit stärken (siehe Kap. 2.2 und Kap. 2.4).

DP 5: Graduelle Abstraktionsskalierung

- *Definition:* Die Lernumgebung sollte das KI-System auf flexiblen Abstraktionsebenen vom anwenderorientierten Black-Box-Modell bis zur durchdringbaren White-Box-Modellierung abbilden.
- *Rationale:* Die schichtweise Offenlegung der Systemarchitektur kann innere Wirkmechanismen erschließen, Fehlvorstellungen vorbeugen und als Scaffolding eine nachhaltige kognitive Progression unterstützen (siehe Kap. 2.1).

Handlungsfeld III: Datenwissenschaftlicher Workflow

DP 6: Aktive Datenkuration

- *Definition:* Die didaktische Rahmung sollte das eigenständige Erfassen, Segmentieren, Labeln und Kuratieren von lebensweltlichen Rohdaten durch Lernende vorsehen.
- *Rationale:* Aktive Datenkuration legt den gesellschaftlichen Entstehungskontext offen und kann – indem Datenqualität als gestaltbare Weichenstellung erfahrbar wird – den Aufbau von *Digital Agency* begünstigen (siehe Kap. 2.2).

DP 7: Kriteriengeleitete Modellsteuerung

- *Definition:* Die Lernumgebung sollte einen interaktiven, visuell rückgekoppelten Zugriff auf Modellkonfigurationen und die systematische Überprüfung der Modellgüte anhand etablierter Metriken bieten.
- *Rationale:* Diese Modellsteuerung kann Tiefenstrukturen öffnen, Systemgrenzen spielerisch erschließen und den Aufbau stabiler informatischer Konzepte begünstigen (siehe Kap. 2.1 und Kap. 2.4).

DP 8: Domänenspezifischer Anwendungstransfer

- *Definition:* Die didaktische Rahmung sollte den Gestaltungsauftrag problemorientiert fächerübergreifend verorten und die Modellerprobung im realen Nutzungskontext vorsehen.
- *Rationale:* Dieser Transfer kann entkoppelte Systembetrachtungen überwinden, den gesellschaftlichen Entstehungskontext offenlegen und – durch Verschränkung von Konstruktion und Kritik – kategoriale Mündigkeit begünstigen (siehe Kap. 2.2).

Handlungsfeld IV: Reflexive und soziale Einbettung

DP 9: Prozessintegrierte Reflexionsschleifen

- *Definition:* Die didaktische Rahmung sollte ethische, ökologische und gesellschaftliche Reflexionsphasen mit technischen Gestaltungsentscheidungen rückkoppeln.
- *Rationale:* Dies kann die Dialektik von Konstruktion und Kritik auflösen und normative Werte durch gezielte Entwurfsentscheidungen direkt im Systemdesign verankern (siehe Kap. 2.3).

DP 10: Funktionale Rollenarchitektur

- *Definition:* Die didaktische Orchestrierung sollte kooperative Projektarbeit in funktionale Aufgabenfelder gliedern.
- *Rationale:* Dies kann exkludierenden Gruppendynamiken vorbeugen, gleichberechtigte Partizipation sichern und neigungs-

übergreifend umfassende *Computational Perspectives* unterstützen (siehe Kap. 2.3).

7. Fazit und Ausblick

Dieses Kapitel bündelt die Ergebnisse zur Beantwortung der Forschungsfragen, reflektiert methodische Limitationen und benennt zukünftige Forschungsbedarfe.

7.1 Synthese der Ergebnisse und Beantwortung der Forschungsfragen

Der Abgleich der Frameworks mit medienpädagogischen Leitbildern und dem DASC-PM (FF 1, FF 2) offenbart eine substantielle Mitgestaltungslücke, die sich in vier bipolaren Spannungsfeldern manifestiert:

1. *Systemische Prozessorientierung vs. Prozessuale Fragmentierung (LS 3, LS 4)*: Der normativen Forderung, den vollständigen Lebenszyklus datenintensiver Systeme abzubilden und gesellschaftlich-kulturell zu kontextualisieren, steht empirisch eine curriculare Fokussierung auf isolierte, dekontextualisierte Teilprozesse gegenüber.
2. *Kognitive Tiefenstruktur vs. Applikative Oberflächenfixierung (LS 2, LS 6)*: Der Anspruch, *Digital Agency* durch die Vermittlung langlebiger informatischer Konzepte sowie die Offenlegung von Wirkmechanismen mittels altersgerechter White-Box-Modelle zu fördern, kontrastiert empirisch mit geschlossenen Black-Box-Systemen und generativen Oberflächen, die Lernen auf Bedienung und flüchtiges Versionswissen verengen.
3. *Pluralistische Partizipation vs. Technozentrische Exklusion (LS 1, LS 8)*: Während der normative Rahmen geschlechtersensibel, spielerisch-ästhetische Zugänge und interdisziplinäre Koopera-

tion zur Förderung breiter demokratischer Teilhabe anstrebt, ist der Ist-Zustand durch verengte Partizipation aufgrund formal-abstrakter Gegenstandsrahmungen und vernachlässigter Kollaboration geprägt.

4. *Reflexive Schöpfungsmacht vs. Strukturell-regulative Restriktion (LS 5, LS 7)*: Die Verschränkung technischer Konstruktion und gesellschaftlicher Reflexion zur Entfaltung emanzipatorischer Handlungsfähigkeit wird durch die Fokussierung der Frameworks auf jeweils nur eine Dimension sowie rechtlich-infrastrukturelle Barrieren behindert, was den Unterricht oft auf passive Systemnutzung beschränkt.

Zur Schließung dieser Mitgestaltungslücke (FF 3) operationalisiert eine aus zehn Designprinzipien (DP 1 bis DP 10) bestehende Heuristik die aktive Mitgestaltung in vier Handlungsfeldern:

- *Infrastrukturelle und regulative Einbettung*: Infrastrukturelle Barrierearmut (DP 1) und funktionale De-Individualisierung (DP 2) sichern einen rechtssicheren, barrierefreien Zugang und schaffen die strukturelle Basis für partizipative Lehr-Lern-Szenarien.
- *Didaktisch-methodische Zugänge*: Multimodale Interaktion beim Erstzugang (DP 3), eine kontextadäquate Gesamtprozessintegration (DP 4) am Vorbild des DASC-PM und eine graduelle Abstraktionsskalierung (DP 5) ermöglichen eine nachhaltige kognitive Progression.
- *Datenwissenschaftlicher Workflow*: Aktive Datenkuration (DP 6), kriteriengeleitete Modellsteuerung (DP 7) und domänenspezifischer Anwendungstransfer (DP 8) sichern fundiertes technologisches Konzeptwissen.
- *Reflexive und soziale Einbettung*: Prozessintegrierte Reflexionschleifen als didaktische Rahmung (DP 9) und eine funktionale Rollenarchitektur als Instrument didaktischer Orchestrierung (DP 10) betten das Konstruieren in kritisch-soziale Praktiken ein.

Diese funktionale Verzahnung verdeutlicht den wissenschaftlichen Doppelertrag (*Dual Output*) der vorliegenden Educational Design Research: Der theoretische Ertrag schärft *Digital Agency* und *Computational Perspectives* innerhalb des medienpädagogischen KI-Diskurses. Der praktische Ertrag stellt eine theoretisch-empirisch fundierte, disziplinenübergreifende Heuristik bereit, die das didaktische Design von Lehr-Lern-Materialien und Fortbildungsstrukturen anleitet sowie Kriterien für die Curriculum- und Lernsoftware-Entwicklung liefert.

Die im Juni 2026 nach internationaler Konsultation erschienene finale Fassung des *AI Literacy Frameworks* von OECD und Europäischer Union (2026) zeigt gegenüber der analysierten Entwurfsfassung deutliche Fortschritte: Drei Progressionsstufen, Low-Tech-Szenarien und fächerübergreifende Unterrichtsbeispiele stärken den Instruktionswert (K5) und mindern technozentrische Exklusionsrisiken (LS 1). Die Umbenennung des Kompetenzbereichs von *„Designing AI“* zu *„Shape AI“* (*KI aktiv mitgestalten*) unterstreicht die Relevanz des hier gewählten gestaltungsorientierten Leitbildes. Dennoch verbleiben strukturelle Leerstellen: Das Framework fokussiert primär die Interaktions- und Anwendungsebene, vernachlässigt einen ganzheitlichen KI-Entwicklungszyklus und klammert administrative sowie rechtliche Hürden aus. Die hier abgeleiteten zehn Designprinzipien (DP 1–10) helfen vor diesem Hintergrund, die bildungspolitischen Vorgaben von OECD und EU unterrichtlich zu operationalisieren.

7.2 Limitationen der Untersuchung

Vier methodische und kontextuelle Grenzen schränken die Aussagekraft der Befunde ein:

- *Heuristischer Charakter der Prinzipien:* Die abgeleiteten Prinzipien (DP 1–10) fungieren vorerst als theoretisch fundierte Heuristiken; die empirische Evaluation im Realunterricht steht im Sinne des EDR-Designs noch aus. Dies betrifft aufgrund der hohen software-didaktischen Interaktionskomplexität besonders die Gestaltungshypothesen zur multimodalen Interaktion (DP 3), Abstraktionsskalierung (DP 5) und aktiven Datenkuration (DP 6).
- *Single-Coder-Verfahren:* Die Analyse durch eine einzelne Person schränkt mangels eines kontinuierlichen Zweitkodierers die intersubjektive Nachvollziehbarkeit des Auswertungsprozesses ein. Zur methodischen Absicherung wurde das Kategoriensystem jedoch in einer Pilotierungsphase von einer zweiten Fachwissenschaftlerin probecodiert und konsensuell validiert. Dieser diskursive Abgleich schärfte das Regelwerk, minimierte Codierungsambivalenzen und stützte die Stabilität der Befunde.
- *Grenzen des Samples:* Das Korpus fokussiert auf etablierte nationale und internationale AI Literacy Frameworks; nischenspezifische Forschungsinitiativen blieben zugunsten einer diskursiven Repräsentativität unberücksichtigt.
- *Geografisch-regulativer Fokus:* Die Orientierung an DSGVO und Infrastrukturdefiziten (DP 1, DP 2) spiegelt spezifisch den DACH-Raum wider, was die Übertragbarkeit auf andere Bildungsräume limitiert.

7.3 Zukünftige Forschungsbedarfe

Aus den Befunden erwachsen drei zentrale Forschungspfade:

Erstens erfordert der fächerübergreifende Transfer von Data-Science-Prozessmodellen (wie DASC-PM) eine fachdidaktische Transformation. Hier gilt es, konzeptionelle Ansätze der Elementarisierung (von der Datenaufbereitung über die Merkmalsauswahl bis zur Modellgüteprüfung) zu entwickeln und deren Unterrichtseinsatz empirisch zu beforschen, damit technologische Wirkmechanismen transparent werden, ohne den Gegenstandsbezug der unterrichtlichen Fachdomäne zu überlagern (DP 4, DP 8).

Zweitens bedarf es der Entwicklung und Evaluation webbasierter, datenschutzkonformer Low-Code-Lernumgebungen, die durch multimodale Interaktion und adaptive Abstraktionsskalierung barrierearme Zugänge mit aktiver Datenkuration und Modellsteuerung verbinden (DP 1–3, DP 5–7).

Drittens besteht Forschungsbedarf bezüglich unterrichtsempirischer Begleitstudien zum Zusammenspiel prozessintegrierter Reflexionsschleifen (DP 9) und funktionaler Rollenarchitekturen (DP 10), um die Mitgestaltungslücke im Unterricht zu schließen sowie technologische und emanzipatorische Mündigkeit zu fördern.

Literatur

Allen, L. K., & Kendeou, P. (2024). ED-AI Lit: An Interdisciplinary Framework for AI Literacy in Education. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 11(1), 3–10. <https://doi.org/10.1177/23727322231220339>

Alles, S., Falck, J., Flick, M., & Schulz, R. (2025). *KI-Kompetenzen für Lehrende und Lernende. Aus der Praxis für die Praxis – eine adaptierbare Basis*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15047793>

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Hrsg.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (Complete ed). Longman.

Annapureddy, R., Fornaroli, A., & Gatica-Perez, D. (2025). Generative AI Literacy: Twelve Defining Competencies. *Digit. Gov.: Res. Pract.*, 6(1), 13:1-13:21. <https://doi.org/10.1145/3685680>

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association*.

Brinda, T., Brüggem, N., Diethelm, I., Knaus, T., Kommer, S., Kopf, C., Leschke, R., Missomelius, P., Tilemann, F., & Weich, A. (2019). Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt: Ein interdisziplinäres Modell. *merz | medien + erziehung*, 63(4), 69–75. <https://doi.org/10.21240/merz/2019.4.15>

Center for Education Innovation. (2026). *AI Literacy Frameworks. Explore AI Literacy is a visual navigator for AI literacy frameworks*. Hong Kong University of Science and Technology. <https://cei.hkust.edu.hk/sites/default/files/content/Explore%20AI%20Literacy.html>

Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). *CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide*. SPSS Inc. <https://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/modeler/14.2/es/CRISP-DM.pdf>

Deutsche Telekom Stiftung. (2025). *Trendmonitor KI in der Bildung*. Deutsche Telekom Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/fileadmin/media/analysen/pdf/trendmonitor-ki-bildung-2025.pdf>

Ehlers, U.-D., Lindner, D., & Rauch, E. (2024). *AIComp: Future Skills für eine von KI beeinflusste Lebens- und Arbeitswelt (Forschungsbericht 2: Empirische Konstruktion & Beschreibung des Kompetenzmodells AIComp)*. NextEducation. https://next-education.org/downloads/AIComp_Part_2_Kompetenzmodell_final.pdf

European Commission. (2026). *Guidelines on the ethical use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/7967834>

Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. *AI Magazine*, 17(3), 37–54. <https://doi.org/10.1609/aimag.v17i3.1230>

Filk, C. (2026). Low-Threshold AI Education as a Double Opening: An Educational-Theoretical Foundation and Its Implications for Teacher Education. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 329–347. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2026.09.04.X>

Freire, P. (2018). *Pedagogy of the oppressed* (M. B. Ramos, Übers.; 50. Aufl.). Bloomsbury Academic.

Kafai, Y. B., & Burke, Q. (Hrsg.). (2014). *Connected code: Why children need to learn programming*. The MIT Press.

Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (6., neu ausgestattete Aufl.). Beltz.

Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2024). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Umsetzung mit Software und künstlicher Intelligenz* (6., überarbeitete und erweiterte Auflage). Beltz Juventa.

Kultusministerkonferenz. (2024). *Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit Künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen. Themenspezifische Handlungsempfehlung (Beschluss der Bildungsministerkonferenz vom 10.10.2024)* [Collection]. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_10_10-Handlungsempfehlung-KI.pdf

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '20*, 1–16. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>

Losch, D., Jaschke, S., Michaeli, T., Opel, S., Schmid, U., Seegerer, S., & Stechert, P. (2025). Was alle über Künstliche Intelligenz wissen sollen und wie KI-bezogene Kompetenzen in der Schule entwickelt werden können. *Informatik Spektrum*. <https://doi.org/10.1007/s00287-024-01584-w>

McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). *Conducting Educational Design Research* (2. Aufl.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315105642>

Nassehi, A. (2019). *Muster: Theorie der digitalen Gesellschaft*. C. H. Beck.

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j-caeai.2021.100041>

OECD. (2025). *Empowering Learners for the Age of AI: An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education (Review draft)*. OECD. <https://ailiteracyframework.org>

OECD. (2026). *OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/062a7394-en>

OECD & Europäische Union. (2026). *Empowering Learners for the Age of AI: An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/65cd27d4-en>

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.

Reich, K. (2012). *Konstruktivistische Didaktik: Das Lehr- und Studienbuch mit Online-Methodenpool* (5. Auflage). Beltz Verlag.

Resnick, M. (2018). *Lifelong Kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play* (First MIT Press paperback edition). The MIT Press.

Ruiz, P., Mills, K., Lee, K., Coenraad, M., Fusco, J., Roschelle, J., & Weisgrau, J. (2024). *AI Literacy: A Framework to Understand, Evaluate, and Use Emerging Technology*. Digital Promise. <https://doi.org/10.51388/20.500.12265/218>

Schelhowe, H. (2007). *Technologie, Imagination und Lernen: Grundlagen für Bildungsprozesse mit digitalen Medien*. Waxmann.

Schulz, M., Kaufmann, J., Kühnel, S., & Neuhaus, U. (2026). *DASCPM v2.0: Ein Vorgehensmodell für Data-Science- und KI-Projekte*. Nordakademie gAG Hochschule der Wirtschaft. <https://doi.org/10.25673/123274>

Seegerer, S., Michaeli, T., & Romeike, R. (2019). Informatik für alle – Eine Analyse von Argumenten und Argumentationsschemata für das Schulfach Informatik. In K. David, K. Geihs, M. Lange & G. Stumme (Hrsg.), *INFORMATIK 2019: 50 Jahre Gesellschaft für Informatik – Informatik für Gesellschaft. Konferenzbeiträge der 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik: P-294* (S. 617–630). Gesellschaft für Informatik e.V. https://doi.org/10.18420/INF2019_77

Studer, S., Bui, T. B., Drescher, C., Hanuschkin, A., Winkler, L., Peters, S., & Mueller, K.-R. (2020). *Towards CRISP-ML(Q): A Machine Learning Process Model with Quality Assurance Methodology* (Version 2). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2003.05155>

Touretzky, D., Gardner-McCune, C., & Seehorn, D. (2023). Machine Learning and the Five Big Ideas in AI. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 33(2), 233–266. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00314-1>

UNESCO. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/JKJB9835>

UNESCO. (2025). *AI and the future of education: Disruptions, dilemmas and directions*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/KECK1261>

Zhang, C., & Magerko, B. (2025). *Generative AI Literacy: A Comprehensive Framework for Literacy and Responsible Use* (arXiv:2504.19038). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.19038>