

Stellungnahme:

Digitale Zukunft junger Menschen – Innovation, Teilhabe und Schutz

Für die Unabhängige Expertenkommission

„Kinder- und Jugendschutz in der digitalen Welt“

Dr. Robert Peters

Unter Mitarbeit von: Martin Grund, Markus Gerold, Dominik Theis, Sebastian Straub, Arno Wilhelm-Weidner, Cornelia van Scherpenberg, Ernst Andreas Hartmann und Cathrin Vogel

Impressum

Institut für Innovation und Technik (iit)
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin

www.iit-berlin.de

Kontakt:

Dr. Robert Peters, Direktor

030 310078-5666

peters@iit-berlin.de

Unter Mitarbeit von: Martin Grund, Markus Gerold, Dominik Theis, Sebastian Straub, Arno Wilhelm-Weidner, Cornelia van Scherpenberg, Ernst Andreas Hartmann und Cathrin Vogel

Transparenzhinweis zur Nutzung generativer KI

Bei der Erstellung dieser Stellungnahme wurden generative KI-Systeme unterstützend eingesetzt. Die Nutzung erfolgte insbesondere zur sprachlichen Strukturierung, redaktionellen Verdichtung, Systematisierung von Argumenten sowie zur Unterstützung bei der Formulierung einzelner Textpassagen. Die inhaltliche Verantwortung, fachliche Bewertung, Auswahl der Quellen, Einordnung der Ergebnisse sowie die finale Prüfung und Freigabe der Stellungnahme lagen vollständig bei den Autor:innen.

Alle KI-gestützt erarbeiteten Textbestandteile wurden redaktionell geprüft, fachlich bewertet und bei Bedarf überarbeitet. Die eingesetzten KI-Systeme wurden nicht als eigenständige Quelle verwendet; maßgeblich sind die in der Stellungnahme ausgewiesenen Literatur- und Quellenangaben.

Berlin, 04.05.2026

Inhalt

Zusammenfassung.....	3
I. Technologische Entwicklung und Alltag mit KI.....	6
II. Soziale Auswirkungen, Bildung, Arbeit und Demokratie.....	13
III. Kinder- und Jugendschutz, Forschung und Governance.....	18
IV. Übergreifende Querschnittsfragen.....	22
Literatur	27

Zusammenfassung

Die digitale Zukunft junger Menschen ist kein reines Technologie- oder Jugendschutzthema. Sie berührt Bildung, Teilhabe, Demokratie, Plattformregulierung, Datenschutz, Innovationspolitik und soziale Gerechtigkeit zugleich. In den kommenden Jahren wird der Alltag von Kindern und Jugendlichen wesentlich durch das Zusammenwirken von digitalen Technologien, Plattformen, Gaming, immersiven Medien, synthetischen Inhalten, datenbasierten Empfehlungssystemen und KI-Anwendungen geprägt. Diese Entwicklung eröffnet erhebliche Chancen für Bildung, Beratung, Teilhabe und individuelle Unterstützung. Zugleich entstehen neue Risiken: durch Manipulation, Deepfakes, algorithmische Meinungsbildung, emotionale Abhängigkeit von digitalen Begleitsystemen, Überwachung, Desinformation und digitale Ungleichheit.

Die zentrale politische Herausforderung besteht deshalb darin, digitale Innovation nicht gegen Kinder- und Jugendschutz auszuspielen. Vielmehr müssen Teilhabe, Schutz und Innovation gemeinsam gedacht werden. Digitale Technologien sollten dort ermöglicht werden, wo sie Bildung, Beratung, Inklusion und Teilhabe stärken. Gleichzeitig müssen Risiken wie Manipulation, übermäßige Abhängigkeit, algorithmische Verzerrung, Überwachung und ungleiche Zugangschancen frühzeitig adressiert werden.

Dafür reicht es nicht aus, technische Schutzlösungen abstrakt zu bewerten. Benötigt werden konkrete Anwendungsszenarien, in denen sichtbar wird, wo und wie digitale Schutzsysteme tatsächlich eingesetzt werden sollen: etwa in Lernplattformen, sozialen Medien, Gaming-Umgebungen, Beratungsangeboten oder schulischen Kontexten. Erst anhand solcher Szenarien lässt sich belastbar prüfen, welche Schutzwirkung realistisch ist, welche Nebenfolgen entstehen können und wo Grenzen mit Blick auf Datenschutz, Fehlerquoten, Diskriminierungsrisiken, Überwachung oder Grundrechte liegen.

Kinder- und Jugendschutz sollte daher nicht erst dann beginnen, wenn Schäden sichtbar werden. Er muss vorausschauend organisiert werden: durch gute Forschung, klare Schutzprinzipien, koordinierte Aufsicht, pädagogisch fundierte Gestaltung, szenariobasierte Bewertung technischer Lösungen und die aktive Beteiligung junger Menschen. Kinder und Jugendliche sollen digitale Technologien nicht nur nutzen, sondern sie verstehen, reflektieren und selbstbestimmt mitgestalten können.

Zentrale Befunde

- Digitale Räume werden **personalisierter, immersiver und datenintensiver**. Algorithmische Systeme werden zunehmend in Lernumgebungen, soziale Medien, Spiele, Beratungsangebote und Alltagsanwendungen integriert.
- Digitale Technologien können Bildung und Beratung verbessern, wenn **Lernstände, Unterstützungsbedarfe, Sprache, Alter und individuelle Voraussetzungen** stärker berücksichtigt werden. Besonders adaptive Lernangebote und hybride Ansätze für Human-AI-Tutoring können Teilhabechancen erhöhen.
- Gleichzeitig dürfen digitale Systeme **pädagogische, soziale und beratende Beziehungen nicht ersetzen**. Sie müssen menschliche Unterstützung ergänzen und Kinder und Jugendliche zu mehr Eigenständigkeit befähigen.

- Dauerhafte digitale Interaktionspartner wie Chatbots, virtuelle Tutor:innen oder digitale Begleiter können **Selbstwirksamkeitserfahrungen** ermöglichen, bergen aber auch Risiken emotionaler Abhängigkeit, sozialer Ersatzbeziehungen und übermäßiger Orientierung an maschinellen Empfehlungen.
- Besonders relevant ist die Wahrung **kindlicher Handlungsmacht**. Digitale Systeme sollten Kinder und Jugendliche nicht passiv anleiten, sondern sie dabei unterstützen, eigene Entscheidungen zu treffen, eigene Lösungswege zu entwickeln und Urteilsfähigkeit aufzubauen.
- Deepfakes, synthetische Medien und algorithmisch verstärkte Inhalte können **demokratische Meinungsbildung verzerren**. Medien- und Demokratiebildung müssen deshalb systematisch gestärkt und durch wirksame Plattformverantwortung ergänzt werden.
- Der Digital Divide ist nicht nur eine Frage technischer Ausstattung. Digitale Teilhabe hängt auch von **sozialer Lage, Sprache, regionaler Infrastruktur, Behinderung, pädagogischer Unterstützung und kulturellen Zugängen** ab.
- Automatisierte Schutzsysteme können hilfreich sein, etwa bei Content-Moderation, Altersverifikation, Inhaltskennzeichnung oder Risikohinweisen. Sie sind jedoch mit erheblichen Risiken verbunden, insbesondere mit Blick auf **Fehlerquoten, Datenschutz, Diskriminierung, Überwachung und Grundrechtseingriffe**.
- Für die Bewertung solcher Schutzsysteme braucht es **konkrete Einsatz- und Anwendungsszenarien**. Nur so lässt sich prüfen, ob ein technisches Instrument in einem bestimmten Kontext tatsächlich schützt, ob es verhältnismäßig ist und welche unbeabsichtigten Folgen entstehen können.

Politische Ableitungen

- Kinder- und Jugendschutz sollte **antizipativ organisiert** werden. Schutzkonzepte müssen technologische Entwicklungen frühzeitig aufgreifen und sind regelmäßig zu überprüfen.
- Regulierung sollte **technologieneutral, aber wirkungsorientiert** sein. Entscheidend sind Schutzprinzipien wie Transparenz, Nicht-Manipulation, Erklärbarkeit, Schutz der Persönlichkeit, Teilhabe und Wahrung kindlicher Handlungsmacht.
- Technische Schutzlösungen sollten nicht pauschal eingeführt oder abgelehnt werden. Sie sollten anhand **realistischer Anwendungsszenarien** bewertet werden, die Nutzungskontext, Altersgruppe, Schutzbedarf, Datenverarbeitung, Fehleranfälligkeit und mögliche Grundrechtseingriffe systematisch berücksichtigen.
- Plattformregulierung muss stärker an den tatsächlichen Wirkmechanismen digitaler Räume ansetzen. Risiken entstehen nicht nur durch illegale Inhalte, sondern auch durch **Empfehlungssysteme, Interaktionsdesign, personalisierte Werbung, Aufmerksamkeitsmechanismen und algorithmische Verstärkung**.
- Anbieter sollten ein **kohärentes Schutz- und Risikokonzept** vorlegen können, das Anforderungen aus Jugendschutzrecht, Datenschutzrecht, Digital Services Act und KI-Verordnung zusammenführt. Mehrfachstrukturen und parallele Einzelprüfungen sollten vermieden werden.

- Die Aufsicht muss besser koordiniert werden. Jugendmedienschutz, Datenschutzaufsicht, Digital Services Coordinator, Medienaufsicht und künftige KI-Aufsicht sollten ihre Zuständigkeiten praktisch aufeinander abstimmen.
- Schulen und Bildungseinrichtungen benötigen mehr **digitale Souveränität**. Dazu gehören technische Infrastruktur, didaktische Unterstützung, Fortbildung, Communities of Practice, Beschaffungsleitplanken sowie klare Qualitäts-, Datenschutz- und Transparenzstandards für EdTech- und digitale Lernsysteme.
- Digitale Teilhabe muss als **Strukturfrage** behandelt werden. Barrierefreiheit, Mehrsprachigkeit, Subgroup-sensitive Gestaltung, pädagogische Einbettung und verlässliche Infrastruktur müssen von Beginn an Teil der Entwicklung digitaler Angebote sein.
- Kinder und Jugendliche sollten aktiv in die Entwicklung von Schutz-, Teilhabe- und Innovationskonzepten einbezogen werden. Geeignete Beteiligungsformate können Jugendvertretungen, Schüler:innenvertretungen, jugendgerechte Konsultationen und die Einbindung in Expert:innenkommissionen sein.

I. Technologische Entwicklung und Alltag mit KI

1. Welche konkreten technologischen Entwicklungen (KI, immersive Medien, Metaverse, Gaming) werden den Alltag von Kindern und Jugendlichen in zwei, fünf und zehn Jahren voraussichtlich prägen?

Für die kommenden Jahre zeichnen sich mehrere technologische Entwicklungslinien ab, die den Alltag von Kindern und Jugendlichen prägen könnten. Ein zentrales Signal ist die zunehmende Integration unterschiedlicher, heute bereits existierender Technologien. KI, immersive Medien, Gaming, soziale Medien, Smartphone-Umgebungen und perspektivisch auch sensorgestützte Technologien dürften dabei stärker ineinandergreifen. Digitale Umgebungen könnten dadurch virtueller, immersiver und stärker personalisiert werden. Gemeint ist damit, dass digitale Angebote sich stärker an das Verhalten, die Interessen, das Lernniveau oder die Kommunikationsmuster einzelner Nutzerinnen und Nutzer anpassen.

Bereits heute gibt es Hinweise darauf, dass sich Lern-, Spiel- und Kommunikationsumgebungen weiter annähern. Dies betrifft insbesondere den Gaming-Bereich, in dem virtuelle und immersive Elemente an Bedeutung gewinnen. Mit immersiven Medien sind digitale Umgebungen gemeint, die Nutzerinnen und Nutzer stärker in ein Geschehen eintauchen lassen, etwa durch virtuelle Räume, interaktive Spielwelten oder perspektivisch durch erweiterte Realität. Zugleich deutet die Weiterentwicklung gamebasierter Lernformen darauf hin, dass Lern- und Spielwelten künftig weniger stark voneinander getrennt sein könnten. Damit verbunden ist die mögliche Entwicklung hin zu stärker individualisierten, interaktiven und spielerisch eingebetteten Lerninhalten.

Mit Blick auf die kommenden Jahre ist insbesondere eine zunehmende Alltagspräsenz KI-gestützter Funktionen zu erwarten. Dazu zählen individualisierte virtuelle Umwelten und digitale Begleiter ebenso wie KI-gestützte Kommunikations-, Such- und Kreativfunktionen in sozialen Medien, Games und Smartphone-Umgebungen. Digitale Begleiter können dabei als Anwendungen verstanden werden, die Kinder und Jugendliche in alltäglichen digitalen Situationen unterstützen, etwa beim Suchen, Lernen, Kommunizieren oder Erstellen von Inhalten. Auch im Bildungsbereich gibt es erste Hinweise auf eine stärkere Integration von KI in den Schulalltag, etwa durch Entwicklungen der Länder wie telli und AIS. KI würde Kindern und Jugendlichen damit zunehmend nicht mehr nur als einzelne Anwendung begegnen, sondern als eingebettete Funktion alltäglicher digitaler Dienste.

In einem Zeithorizont von etwa fünf Jahren könnte sich diese Entwicklung weiter verdichten. Lernumgebungen dürften digitaler, virtueller und interaktiver werden. Interaktive Lernmethoden könnten den Schulalltag stärker prägen; zugleich ist plausibel, dass Lernen und Lehren verstärkt auch außerhalb des klassischen Schulalltags stattfinden. Damit könnten sich formale Bildungsprozesse, informelles Lernen, Gaming und digitale Kommunikation weiter verschränken. Soziale Medien, Games und Smartphone-Umgebungen blieben dabei zentrale Räume KI-gestützter Kommunikation, Suche, Kreativität und sozialer Interaktion.

Mit Blick auf einen Zeitraum von etwa zehn Jahren gibt es Hinweise auf eine mögliche Ausweitung komplexer Sensor- und KI-Technologien. Gemeint sind Technologien, die nicht nur aktive Eingaben der Nutzerinnen und Nutzer verarbeiten, sondern auch Umgebungsdaten, Bewegungen, Sprache, Blickrichtungen oder andere körper- und kontextbezogene Signale erfassen können. Digitale Identitäten könnten dadurch umfassender werden. Damit sind nicht nur klassische Nutzerprofile oder Log-in-Daten gemeint, sondern breitere digitale Abbilder einer Person, die sich aus Verhalten, Kommunikationsmustern, Lernfortschritten, Spielverhalten, Vorlieben und möglicherweise weiteren

sensorgestützten Daten zusammensetzen. Zugleich könnten Technologien an Bedeutung gewinnen, die eine weitreichende Registrierung von Personen ermöglichen. In den vorliegenden Hinweisen wird auch auf Entwicklungen bis hin zur Gedankenebene verwiesen, etwa im Kontext von Neurotechnologien. Solche Entwicklungen könnten zunächst insbesondere im Gaming relevant werden, perspektivisch aber auch in Schule und Kommunikation Einzug halten.

Für den Bildungsbereich zeichnet sich langfristig zudem die mögliche Entwicklung hin zu Ambient AI ab. Damit ist ein Wandel von gelegentlicher, manueller Datenerfassung, etwa durch Tests und Quizze, hin zu einer kontinuierlichen, passiven Beobachtung und Auswertung von Interaktionen im Klassenzimmer und von Lernprozessen gemeint. Dabei könnten sprachgesteuerte Technologien, Sensoren und Kameras eingesetzt werden, um Kontextinformationen zu erfassen und Lehrkräfte sowie Lernende zu unterstützen. Zugleich wären damit erhebliche Fragen zu Datenschutz, Überwachung und Vertrauen verbunden.

Ein weiteres deutliches Signal betrifft die wachsende Verfügbarkeit von Deepfakes und synthetischen Medien. Damit sind künstlich erzeugte oder manipulierte Bild-, Audio- und Videoinhalte gemeint, die real wirkende Personen, Aussagen oder Situationen darstellen können. Kinder und Jugendliche könnten künftig häufiger mit solchen Inhalten konfrontiert sein, deren Echtheit – oder eben deren künstliche Erzeugung – nur sehr schwer zu erkennen ist. Dies betrifft nicht nur Informations- und Medienkompetenz, sondern auch Vertrauensbeziehungen, Persönlichkeitsrechte und den Schutz vor digitaler Gewalt.

Insgesamt spricht vieles dafür, dass der digitale Alltag von Kindern und Jugendlichen nicht durch eine einzelne Technologie verändert wird, sondern durch das Zusammenwirken mehrerer Entwicklungen: KI-gestützte Personalisierung, immersive und spielerische Umgebungen, synthetische Medien, digitale Identitäten sowie sensorbasierte und ambient-intelligente Systeme. Diese Entwicklungen könnten Erfahrungs-, Lern- und Kommunikationsräume von Kindern und Jugendlichen in den kommenden Jahren grundlegend verändern.

2. Welche positiven Potenziale bietet die durch KI ermöglichte Individualisierung der Ansprache – etwa in Bildung, Beratung und Aufklärung?

Die durch KI mögliche individualisierte Ansprache bietet insbesondere dort positive Potenziale, wo Kinder und Jugendliche sehr unterschiedliche Voraussetzungen, Unterstützungsbedarfe und Lernwege mitbringen. Dies betrifft Bildung, Beratung und Aufklärung gleichermaßen. Mit Individualisierung ist hier gemeint, dass Inhalte, Rückmeldungen und Unterstützungsangebote stärker an die jeweilige Situation, das Vorwissen, das Lernverhalten, die Sprache, die Interessen oder konkrete Problemlagen einzelner Kinder und Jugendlicher angepasst werden können.

Im Bildungsbereich liegt ein zentrales Potenzial darin, die zunehmende Diversität der Schülerschaft besser zu adressieren. Unterschiede im soziodemografischen und kulturellen Hintergrund, verschiedene Lerntypen sowie unterschiedliche sprachliche, soziale oder individuelle Voraussetzungen könnten durch KI-gestützte Systeme gezielter berücksichtigt werden. Dies kann Binnendifferenzierung im Unterricht unterstützen, also die Möglichkeit, Lernangebote innerhalb einer Lerngruppe stärker an unterschiedliche Leistungsstände und Lernbedarfe anzupassen.

Ein weiteres Potenzial liegt im individualisierten Echtzeit-Feedback. KI-Systeme können Lernleistungen schneller auswerten, Lerninhalte passend aufbereiten und Rückmeldungen unmittelbar an den jeweiligen Lernstand anschließen. Gemeint ist damit nicht nur eine schnellere Korrektur von Aufgaben, sondern auch die Möglichkeit, Lernfortschritte punktgenauer zu verfolgen und daraus

nächste Lernschritte abzuleiten. KI kann dabei auch Mikro-Verhaltensweisen in konkretes, konstruktives und altersgerechtes Feedback übersetzen. Solches Feedback kann die psychologischen Grundbedürfnisse von Schüler:innen nach Autonomie, Kompetenz und sozialer Eingebundenheit unterstützen.

Positive Potenziale zeigen sich auch mit Blick auf Lernfortschritte und Kompetenzaufbau. Der Einsatz intelligenter tutorieller Systeme, also KI-gestützter Lernsysteme, die Lernende individuell begleiten und Aufgaben, Hinweise oder Rückmeldungen anpassen, ist häufig mit besseren Leistungen, besserem Problemlösen und höherer Übungsintensität verbunden. Diese Effekte hängen jedoch von der Dosierung und der didaktischen Umsetzungsqualität ab (Oreopoulos et al., 2024; Oreopoulos et al., 2026; Pervaiz et al., 2025). Hinweise auf Potenziale individualisierter Systeme bestehen zudem etwa bei Wortschatz, Leseverständnis und fremdsprachlicher Kompetenz (Wang et al., 2025; Wijekumar et al., 2024; Yan, 2024).

Auch jenseits enger Leistungsindikatoren können individualisierte KI-Systeme positive Wirkungen entfalten. Dazu zählen Potenziale für Motivation, Aufmerksamkeit, Selbstwirksamkeit und Vertrauen in den Lernprozess. Diese Effekte werden in der Literatur jedoch heterogener bewertet als die Wirkungen auf Lernleistung und Kompetenzentwicklung (Becker et al., 2025; Uriarte-Portillo et al., 2023; Pervaiz et al., 2025). Daraus ergibt sich ein differenziertes Bild: Besonders belastbar erscheinen die Potenziale dort, wo KI-Systeme Lernfortschritte konkret unterstützen; ergänzende motivationale und psychologische Wirkungen sind möglich, aber stärker von Kontext und Umsetzung abhängig.

In Beratung und Aufklärung kann KI-gestützte Individualisierung ebenfalls neue Zugänge eröffnen. Anonymisierte Hilfsangebote mit 24-Stunden-Erreichbarkeit könnten Kindern und Jugendlichen niedrigschwellige Unterstützung in herausfordernden Situationen bieten. Dies kann insbesondere dort wichtig sein, wo frühzeitig Risikofaktoren erkannt oder zielgruppenspezifische Hilfsangebote auf bestimmte Problemlagen ausgerichtet werden sollen. Mit zielgruppenspezifischen Angeboten sind Unterstützungs- und Informationsformate gemeint, die nicht allgemein gehalten sind, sondern sich an bestimmten Lebenslagen, Fragen oder Belastungssituationen orientieren.

Ein weiteres Potenzial bieten individualisierte Aufklärungsangebote. Informationen können so aufbereitet werden, dass sie besser zur jeweiligen Altersgruppe, zum Wissensstand, zur Sprache oder zur konkreten Situation der Kinder und Jugendlichen passen. Dadurch könnten Bildungs-, Beratungs- und Unterstützungsangebote leichter zugänglich werden, besonders für Lernende mit unterschiedlichen sprachlichen, sozialen oder individuellen Voraussetzungen. Dabei müssen Zugänglichkeit, Datenschutz und Bias-Risiken stets mitgedacht werden.

Besonders relevant ist schließlich die Möglichkeit, verschiedene Unterstützungsdimensionen miteinander zu vernetzen. Lernfortschritte, Beratungsbedarfe, Aufklärungsinhalte und passende Lern- oder Freizeitangebote ließen sich so individueller zuschneiden und in einer spezifischeren Ansprache zusammenführen. So könnten personalisierte Empfehlungen für Lern- und Freizeitangebote entstehen und Kinder und Jugendliche in unterschiedlichen Situationen schneller passende Unterstützung erhalten. Die positiven Potenziale liegen damit nicht allein in der technischen Personalisierung einzelner Inhalte, sondern darüber hinaus in der Möglichkeit, Bildung, Beratung und Aufklärung stärker bedarfsorientiert, zugänglich und situationsbezogen auszugestalten.

3. Welche entwicklungspsychologischen Auswirkungen hat es, wenn KI-Systeme für Kinder und Jugendliche zu dauerhaften Interaktionspartnern werden (z. B. als Chatbots, virtuelle Tutoren oder Begleiter)? Welche Gestaltungsanforderungen folgen daraus?

Wenn KI-Systeme für Kinder und Jugendliche zu dauerhaften Interaktionspartnern werden, können daraus sowohl Chancen als auch erhebliche entwicklungspsychologische Risiken entstehen. Gemeint sind hier etwa Chatbots, virtuelle Tutor:innen oder digitale Begleiter, die nicht nur punktuell genutzt werden, sondern regelmäßig in Lern-, Kommunikations-, Beratungs- oder Alltagssituationen präsent sind.

Ein zentrales Risiko: KI-Systeme könnten echte soziale Interaktionen teilweise ersetzen. Gerade bei Chatbots oder virtuellen Begleitern besteht die Gefahr, dass sie als sozialer Ersatz wahrgenommen werden, obwohl sie keine menschlichen Beziehungen anbieten. Weil solche Systeme häufig dauerhaft verfügbar, freundlich und bestätigend reagieren, könnten reale soziale Aushandlungsprozesse an Bedeutung verlieren. Damit verbunden ist die Sorge, dass Empathie- und Konfliktfähigkeit sowie der Umgang mit Ambivalenzen weniger eingeübt werden.

Hinzu kommt die Gefahr des KI-Anthropomorphismus. Damit ist gemeint, dass Kinder und Jugendliche KI-Systemen menschliche Eigenschaften, Absichten oder Gefühle zuschreiben, weil diese menschliche Kommunikation simulieren. Dies kann emotionale Abhängigkeiten begünstigen. In bestimmten Konstellationen könnte dadurch auch die Rolle von Eltern abgewertet oder eine ohnehin vorhandene pubertäre Ablehnung verstärkt werden. Allgemeiner besteht das Risiko, dass der soziale Austausch mit anderen Menschen problematisch ersetzt wird.

Überstimulation und Allgegenwärtigkeit sind ein weiteres Risiko. Wenn KI-Systeme jederzeit verfügbar sind und fortlaufend reagieren, unterstützen oder stimulieren, kann dies zu Aufmerksamkeitsproblemen oder Abhängigkeiten beitragen. Dauerhafte digitale Interaktion kann damit nicht nur einzelne Lern- oder Kommunikationssituationen verändern, sondern auch den Alltag insgesamt stärker strukturieren.

Entwicklungspsychologisch relevant ist außerdem die Gefahr des Deskillings beziehungsweise Skill-Skippings. Das bedeutet: Kinder und Jugendliche verlernen bestimmte Fähigkeiten oder können diese erst gar nicht ausreichend aufbauen, weil KI-Systeme zentrale Teilschritte übernehmen. Dies betrifft insbesondere eigenständiges Analysieren, Begründen, Schlussfolgern und Problemlösen. Gerade wenn KI-Systeme Lernprozesse dauerhaft begleiten, muss daher sichergestellt werden, dass sie die Entwicklung dieser Fähigkeiten unterstützen – und nicht verdecken oder ersetzen.

Gleichzeitig können dauerhafte KI-Interaktionspartner für bestimmte Gruppen von Kindern und Jugendlichen positive Potenziale eröffnen. Für introvertierte, sozial isolierte oder marginalisierte Kinder und Jugendliche können KI-Begleiter einen Übungsraum darstellen, in dem Kommunikation, soziale Situationen oder Lernprozesse zunächst niedrigschwellig erprobt werden. In bestimmten Kontexten können solche Systeme auch erste sichere Selbstwirksamkeitserfahrungen ermöglichen, in denen Kinder und Jugendliche erleben, dass sie eine Aufgabe bewältigen oder eine Situation beeinflussen können.

Auch im Bildungsbereich liegen Potenziale in adaptiven Lernpfaden und individueller Motivation. Adaptive Lernpfade meint, dass Lernangebote an den jeweiligen Lernstand, das Lerntempo oder konkrete Unterstützungsbedarfe angepasst werden. KI-Systeme können dadurch Lernprozesse individueller begleiten. Sie können außerdem emotionale Unterstützung und Beratung anbieten, sofern die Grenzen solcher Unterstützung klar gestaltet und pädagogisch verantwortet werden.

Aus diesen Chancen und Risiken folgen klare Gestaltungsanforderungen. Chatbots und virtuelle Begleiter dürfen nicht als Ersatz für menschliche Beziehungen konzipiert werden, sondern als Brückentechnologie. Das bedeutet, sie sollten soziale Fähigkeiten unterstützen und auf reale Kontakte

hinführen, anstatt diese zu verdrängen. Chatbots und virtuelle Begleiter sollten Kindern und Jugendlichen helfen, soziale Skills zu lernen, Selbstvertrauen aufzubauen und reale Interaktionen vorzubereiten oder zu fördern.

Besonders wichtig ist zudem, dass KI-Systeme die eigenständige Entwicklung kognitiver Fähigkeiten nicht verdecken oder ersetzen. Wenn KI-Systeme zu dauerhaften Begleitern werden, besteht die Gefahr, dass Kinder und Jugendliche zentrale Schritte des Lernens an die Systeme auslagern: das Analysieren einer Aufgabe, das Begründen einer Entscheidung, das Abwägen verschiedener Lösungswege oder das eigenständige Schlussfolgern. Daraus folgt die Anforderung, Prüfungs- und Leistungsformate so weiterzuentwickeln, dass eigenständiges Denken, Begründen und Problemlösen weiterhin sichtbar bleiben. Die individuelle Leistungserbringung darf nicht durch KI überdeckt werden. Prüfungsformate müssen stärker darauf ausgerichtet sein, die von den Kindern und Jugendlichen selbst erbrachten Denk- und Lösungsprozesse nachvollziehbar zu machen.

Damit verbunden ist die Gefahr des Deskillings beziehungsweise Skill-Skippings. Das bedeutet: Bestimmte Fähigkeiten werden entweder verlernt oder gar nicht erst ausreichend aufgebaut, weil KI-Systeme zentrale Teilschritte übernehmen. Gerade bei Kindern und Jugendlichen ist dies entwicklungspsychologisch relevant, denn sie befinden sich noch im Aufbau grundlegender kognitiver, sozialer und emotionaler Kompetenzen. KI-Systeme sollten daher nicht lediglich Ergebnisse liefern oder Aufgaben abnehmen, sondern Lernprozesse so begleiten, dass Selbstständigkeit, Reflexionsfähigkeit und Problemlösungskompetenz gestärkt werden.

Eine übergreifende Gestaltungsanforderung ist in diesem Zusammenhang das sogenannte KI-bezogene Wohlbefinden. Damit ist gemeint, dass KI-Systeme so gestaltet sein müssen, dass sie Kinder und Jugendliche nicht nur kurzfristig unterstützen, sondern langfristig ihre Entwicklung schützen und fördern. Dazu gehört erstens Vertrauenswürdigkeit: Kinder und Jugendliche müssen sich darauf verlassen können, dass die Systeme nachvollziehbar, sicher und angemessen reagieren. Zweitens muss ihre Handlungsmacht bewahrt bleiben. Handlungsmacht bedeutet hier, dass Kinder und Jugendliche nicht nur passiv Empfehlungen folgen, sondern eigene Entscheidungen treffen, eigene Lösungswege entwickeln und sich als wirksam erleben können. Drittens muss eine übermäßige Abhängigkeit verhindert werden. KI-Systeme dürfen daher nicht so gestaltet sein, dass Kinder und Jugendliche sich dauerhaft auf sie verlassen oder sich ohne sie weniger zutrauen; vielmehr sollen sie Schritt für Schritt zu mehr Eigenständigkeit befähigt werden.

Daraus folgt auch die Anforderung der Erklärbarkeit: KI-Systeme sollten in verständlicher Sprache darlegen können, warum sie einen bestimmten Ratschlag geben. Kinder und Jugendliche sollen nachvollziehen können, weshalb ein System eine bestimmte Empfehlung ausspricht oder einen bestimmten nächsten Schritt vorschlägt. Dies ist wichtig, damit sie nicht lediglich Anweisungen übernehmen, sondern eigene Urteilsfähigkeit entwickeln und erhalten.

Der Einsatz solcher Systeme muss zudem didaktisch begleitet werden. Pädagog:innen und Bildungsexpert:innen sollten einbezogen werden, damit KI-Systeme nicht isoliert genutzt werden, sondern sinnvoll in Lernprozesse eingebettet sind. Die Systeme sollten den aktuellen Lernstand beschreiben, nächste Schritte vorschlagen, Rückschläge beim Lernen normalisieren und konkrete Lösungsstrategien aufzeigen. Sie sollten nicht als urteilende Instanz auftreten, sondern unterstützend, erklärend und entwicklungsorientiert. Entscheidend ist, dass KI-Systeme Kinder und Jugendliche nicht in eine dauerhafte Nutzungsabhängigkeit führen, sondern ihre Fähigkeiten, ihr Selbstvertrauen und ihre reale Handlungsfähigkeit stärken.

4. Welche spezifischen Chancen und Risiken entstehen für verschiedene Altersgruppen in unterschiedlichen Nutzungskontexten durch immersive Medien und Metaverse-Umgebungen?

Aus heutiger Sicht ist davon auszugehen, dass immersive Medien und Metaverse-Umgebungen künftig stärker in Lern-, Spiel-, Freizeit- und Kommunikationskontexte von Kindern und Jugendlichen hineinwirken könnten. Mit immersiven Medien sind digitale Angebote gemeint, die Nutzer:innen besonders stark in virtuelle oder erweiterte Umgebungen eintauchen lassen. Metaverse-Umgebungen bezeichnen hier digitale Räume, in denen Kinder und Jugendliche sich mit Avataren bewegen, interagieren, spielen, lernen oder soziale Erfahrungen machen können.

Auf Basis aktueller Technologieentwicklungen lassen sich unterschiedliche mögliche Chancen- und Risikoprofile für verschiedene Altersgruppen antizipieren. Dabei geht es weniger um eine abschließende entwicklungspsychologische Bewertung als um plausible Annahmen darüber, welche Schutz- und Gestaltungsbedarfe entstehen könnten, wenn immersive digitale Umgebungen künftig stärker verfügbar, realistischer und sozial bedeutsamer werden.

Für die frühe Kindheit ist anzunehmen, dass vor allem der Schutz vor Überforderung und Manipulation relevant wird. Wenn immersive Umgebungen künftig anschaulicher, interaktiver und emotional ansprechender gestaltet sind, könnten jüngere Kinder besondere Schwierigkeiten haben, Fiktion und Realität klar voneinander zu unterscheiden. Ebenso ist plausibel, dass sie Werbung oder persuasive Absichten noch nicht verlässlich erkennen. Mit persuasiven Absichten sind Versuche gemeint, Einstellungen, Entscheidungen oder Verhalten gezielt zu beeinflussen. Daraus ergibt sich die Annahme, dass immersive Umgebungen für diese Altersgruppe nur in besonders sicheren, klar begrenzten und verständlich strukturierten Räumen sinnvoll eingesetzt werden sollten.

Gleichzeitig lassen sich für die frühe Kindheit auch positive Nutzungsmöglichkeiten antizipieren. Immersive Medien könnten spielerisches Lernen unterstützen, wenn sie Kindern ermöglichen, Inhalte anschaulich, interaktiv und erfahrungsbezogen zu erkunden. Der mögliche Mehrwert liegt dabei weniger in der technologischen Komplexität selbst, sondern in der altersgerechten Gestaltung sicherer Erfahrungsräume.

Für die frühe Adoleszenz zeichnen sich andere mögliche Dynamiken ab. In dieser Altersphase gewinnen Zugehörigkeit, soziale Orientierung und Identitätsbildung an Bedeutung. Wenn immersive Medien und Metaverse-Umgebungen künftig stärker zu sozialen Räumen werden, könnten Anerkennung, Gruppenzugehörigkeit, Status oder Rollenzuschreibungen dort eine größere Wirkung entfalten. Daraus folgt, dass manipulative Gestaltungselemente, soziale Verstärkungsmechanismen oder Gruppendruck in solchen Umgebungen besonders relevant werden könnten.

Zugleich könnten immersive Umgebungen für diese Altersgruppe auch positive Potenziale entfalten, etwa für kooperatives Lernen und Rollenspiele. Kooperatives Lernen bezeichnet Lernformen, in denen Kinder und Jugendliche gemeinsam Aufgaben bearbeiten, Perspektiven austauschen und soziale Fähigkeiten einüben. Rollenspiele können digitale Erprobungsräume eröffnen, in denen unterschiedliche Situationen, Rollen oder Perspektiven durchgespielt werden. Aus antizipativer Sicht liegt hier Potenzial darin, soziale Lernprozesse in geschützten digitalen Umgebungen zu unterstützen, sofern diese pädagogisch und technisch angemessen gestaltet sind.

Für die späte Adoleszenz könnten immersive Medien und Metaverse-Umgebungen vor allem als Räume der Identitätsexploration und Selbstfindung bedeutsam werden. Identitätsexploration be-

deutet, dass Jugendliche unterschiedliche Rollen, Interessen, Ausdrucksformen oder Zugehörigkeiten ausprobieren und reflektieren. Virtuelle Umgebungen könnten hierfür künftig zusätzliche Erfahrungs- und Erprobungsräume bieten.

Gleichzeitig sind auch Risiken plausibel: Insbesondere der Confirmation Bias könnte in immersiven und sozialen digitalen Umgebungen an Bedeutung gewinnen. Das bezeichnet die Tendenz, Informationen bevorzugt so wahrzunehmen oder auszuwählen, dass sie die eigene Meinung bestätigen. Wenn Jugendliche in virtuellen Räumen vor allem Bestätigung für bestehende Sichtweisen suchen oder erhalten, könnten einseitige Meinungsverstärkung und manipulative Bestärkungsdynamiken entstehen.

Aus diesen möglichen altersgruppenspezifischen Chancen und Risiken folgt, dass digitale Schutzmechanismen nicht einheitlich ausgestaltet werden sollten. Für jüngere Kinder wären vor allem sichere, klar definierte Räume und ein starker Schutz vor manipulativer Ansprache zentral. Für Kinder und Jugendliche in der frühen Adoleszenz müssten Schutzmechanismen stärker soziale Dynamiken, Zugehörigkeitsdruck und mögliche Beeinflussung berücksichtigen. Für ältere Jugendliche sollten Schutzmechanismen so gestaltet werden, dass Identitätsexploration und Selbstfindung möglich bleiben, ohne manipulative Bestärkungsdynamiken oder einseitige Meinungsverstärkung zu fördern.

Insgesamt legen aktuelle Beobachtungen technologischer Entwicklungen nahe, immersive Medien und Metaverse-Umgebungen als mögliche Zukunftsräume kindlicher und jugendlicher Erfahrung frühzeitig mitzudenken. Ihre Wirkung wird voraussichtlich nicht allein von der Technologie abhängen, sondern stark von Nutzungskontext, Altersgruppe und konkreter Gestaltung. Daraus folgt die zentrale Anforderung, Schutz, Teilhabe und entwicklungsförderliche Nutzung antizipativ, alters- und kontextsensibel zusammenzudenken.

II. Soziale Auswirkungen, Bildung, Arbeit und Demokratie

1. Welche Kompetenzen, Formen der Aufklärung und Beratungsangebote benötigen Kinder und Jugendliche, um eine Zukunft zu navigieren (hinsichtlich Bewältigung, Gestaltung, Handlungsfähigkeit), in der KI zunehmend als Wissensquelle und Meinungsbildungsinstrument fungiert?

Kinder und Jugendliche benötigen Kompetenzen, Formen der Aufklärung und Beratungsangebote, die sie bei der Navigation einer Zukunft unterstützen, , in der KI zunehmend als Wissensquelle und Instrument der Meinungsbildung fungiert. Im Mittelpunkt stehen Bewältigung, Gestaltung und Handlungsfähigkeit. Entsprechende Angebote sollten Kinder und Jugendliche befähigen, KI-geprägte Informations- und Meinungsumgebungen nicht nur zu nutzen, sondern sich in ihnen orientieren und eigene Handlungsfähigkeit bewahren zu können.

2. Wie verändern KI und digitale Technologien schulische und außerschulische Bildung sowie die Arbeitswelt, auf die junge Menschen vorbereitet werden sollen?

KI und digitale Technologien beeinflussen schulische und außerschulische Bildung vor allem dadurch, dass Lernen stärker individualisiert, datenbasiert begleitet und über den klassischen Unterricht hinaus erweitert werden kann. Aktuelle Studien zeigen insbesondere Veränderungen in der schulischen und lernbezogenen Praxis: KI-gestützte Systeme können Aufgabenfolgen adaptiv strukturieren, unmittelbares Feedback geben und Lernprozesse in schulzeitintegrierte, hausaufgabenbezogene und informelle Lernphasen ausweiten. Adaptive Strukturierung heißt: Aufgaben werden nicht für alle Lernenden gleich angeordnet, sondern passen sich an Lernstand, Bearbeitungsgeschwindigkeit oder Unterstützungsbedarf an. Am besten belegt ist der Einsatz solcher Systeme derzeit in strukturierten schulischen Settings, also in klar gerahmten Lernumgebungen mit definierten Aufgaben, Lernzielen und pädagogischer Einbettung (Thomas et al., 2024b; Wang et al., 2024; Bettinger et al., 2020).

Damit verändert KI schulische Bildung nicht primär als Ersatz von Lehrkräften, sondern durch eine Verschiebung ihrer Rolle. Lehrkräfte werden stärker zu didaktischen Kurator:innen und pädagogischen Orchestrator:innen. Didaktische Kuratierung bedeutet, dass Lehrkräfte Lerninhalte, digitale Werkzeuge und KI-gestützte Rückmeldungen auswählen, einordnen und passend zum Unterrichtsziel einsetzen. Pädagogische Orchestrierung meint: Lehrkräfte beobachten Lernstände, interpretieren Dashboards, passen Unterstützung an und sichern die curriculare Einbettung. Dashboards sind digitale Übersichten, die Lernstände, Fortschritte oder Unterstützungsbedarfe sichtbar machen können. KI kann Lernprozesse damit unterstützen, bleibt aber auf pädagogische Rahmung angewiesen (Thomas et al., 2024b; Oreopoulos et al., 2024; Pervaiz et al., 2025).

Für schulische und außerschulische Bildung ergibt sich daraus eine zentrale Herausforderung: Die digitale Lebenswelt junger Menschen ist nicht automatisch gleichbedeutend mit arbeitsweltlich relevanter digitaler Kompetenz. Die Studie „Jung, digital, missverstanden?“ beschreibt eine deutliche Diskrepanz zwischen der hohen Digitalität des Alltags und den digitalen Fähigkeiten, die in Schule, Ausbildung und Beruf benötigt werden. Mit Digitalität ist hier die alltägliche Nutzung digitaler Geräte, Apps und Kommunikationsformen gemeint. Digitale Kompetenzen für die Arbeitswelt umfassen dagegen den reflektierten und zweckgerichteten Umgang mit digitalen Werkzeugen, beruflichen Anwendungen und zunehmend auch KI-Systemen (De Saussure et al., 2023).

Dadurch verändert sich auch die Funktion von Schule und Berufsorientierung. Schule muss junge Menschen nicht nur allgemein auf Bildungserfolg vorbereiten, sondern stärker auf eine digitalisierte

Arbeitsgesellschaft. Berufsorientierung kann dabei ein wichtiges Medium sein, um arbeitsweltlich relevante digitale Kompetenzen zu vermitteln und junge Menschen mit Berufen vertraut zu machen, die sich durch Digitalisierung verändern oder neu entstehen. Voraussetzungen dafür sind jedoch eine ausreichende digitale Infrastruktur, technische Ausstattung und entsprechend qualifiziertes Fachpersonal (De Saussure et al., 2023).

Außerschulische Bildung gewinnt ebenfalls an Bedeutung, weil Orientierung über digitale Arbeitswelten nicht allein im Unterricht entsteht. Praktische Erfahrungen, Begegnungen mit Berufsfeldern, Praktika, Qualifizierungsangebote und Weiterbildung werden wichtiger, um jungen Menschen realistische Einblicke in veränderte Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen zu geben. Dies ist besonders relevant, weil junge Menschen zwar erwarten, dass Digitalisierung Berufe erheblich verändert, ihre Vorstellungen davon aber häufig noch vergleichsweise starr bleiben. Sie wissen, dass neue Berufe entstehen und andere sich verändern können; ein tieferes Verständnis dafür, wie Tätigkeitsprofile durch digitale Transformation neu geordnet werden, ist jedoch nicht durchgängig vorhanden (De Saussure et al., 2023).

Die Arbeitswelt, auf die junge Menschen vorbereitet werden sollen, verändert sich durch KI voraussichtlich deutlich. KI betrifft nicht nur einzelne digitale Berufe, sondern kann Arbeitsprozesse in sehr unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern verändern. Die Studie zu generativer KI betrachtet mögliche Veränderungen unter anderem in Industrie und verarbeitendem Gewerbe, unternehmensnahen Dienstleistungen, sozialen Berufen, öffentlicher Verwaltung sowie Medien und Kreativwirtschaft. Damit verschiebt sich die Vorbereitung auf Arbeit weg von der Vorstellung stabiler Berufsbilder hin zu stärker veränderlichen Tätigkeitsprofilen (Hubel et al., 2024).

Entsprechend reicht technische Bedienkompetenz nicht aus: Junge Menschen benötigen digitale und KI-bezogene Kompetenzen, aber auch Komplexitäts- und Emotionskompetenzen. Gemeint sind Fähigkeiten, mit unübersichtlichen Situationen umzugehen, veränderte Anforderungen zu bewältigen, lösungsorientiert zu handeln, kommunikationsfähig zu bleiben und emotionale Anforderungen in der Arbeitswelt zu verarbeiten. Sowohl Expert:innen als auch Jugendliche halten eine Erweiterung der in der Schule vermittelten Fähigkeiten um digitale Kompetenzen sowie um arbeitsweltlich erforderliche Komplexitäts- und Emotionskompetenzen für notwendig (De Saussure et al. 2023).

Besonders relevant ist, dass Qualifizierung strukturiert und nicht allein informell erfolgt. Die Befunde zum Digital Gender Gap zeigen, dass arbeitgeber:innenfinanzierte Weiterbildungen den Gender AI Gap bei intensiver KI-Nutzung deutlich reduzieren können. Soziales Lernen über Kolleginnen, Familie oder Freund:innen kann die Lücke hingegen vergrößern, weil Männer davon signifikant profitieren, Frauen jedoch nicht. Informelle Netzwerke reichen damit als alleiniger Lernweg nicht aus, sondern können bestehende Ungleichheiten reproduzieren.

Insgesamt verändern KI und digitale Technologien Bildung und Arbeitswelt entlang einer gemeinsamen Linie: Lernen wird stärker individualisiert und digital begleitet; Lehrkräfte übernehmen stärker kuratierende und orchestrierende Aufgaben; Berufsorientierung muss veränderte Tätigkeitsprofile realistischer abbilden – und die Arbeitswelt verlangt kontinuierliche, strukturierte Kompetenzentwicklung. Junge Menschen müssen daher nicht nur auf den Einsatz digitaler Werkzeuge vorbereitet werden, sondern auf eine Arbeitswelt, in der KI Tätigkeiten, Lernanforderungen, Weiterbildung und berufliche Orientierung dauerhaft mitprägt.

3. Welche Risiken entstehen durch Deepfakes, personalisierte Manipulation und algorithmische Meinungsbildung für die demokratische Teilhabe junger Menschen – und wie kann dem begegnet werden?

Deepfakes, personalisierte Manipulation und algorithmische Meinungsbildung stellen für die demokratische Teilhabe junger Menschen erhebliche Risiken dar. Mit Deepfakes sind hier manipulierte oder künstlich erzeugte Medieninhalte gemeint, die Personen, Aussagen oder Ereignisse als scheinbar real darstellen können. Algorithmische Meinungsbildung bezeichnet in diesem Zusammenhang digitale Prozesse, bei denen Inhalte durch Plattformen verstärkt, sortiert oder besonders sichtbar gemacht werden und dadurch die Wahrnehmung politischer Positionen beeinflussen können.

Ein zentrales Risiko ist, dass Kinder und Jugendliche durch Deepfakes oder algorithmische Verstärkung dazu verleitet werden können, sich bestimmten Personen, Parteien oder politischen Positionen zu- oder von diesen abzuwenden, ohne die dahinter liegende Scheinrealität zu hinterfragen. Demokratische Meinungsbildung kann dadurch verzerrt werden, weil politische Urteile nicht auf nachvollziehbaren Informationen beruhen, sondern auf manipulierten oder künstlich verstärkten Eindrücken.

Ein zweites Risiko ist der mögliche Vertrauensverlust gegenüber Medien insgesamt. Wenn Kinder und Jugendliche erleben oder vermuten, dass Inhalte manipuliert sein könnten, kann daraus ein Gefühl der Machtlosigkeit entstehen: der Eindruck, keinerlei Medien mehr vertrauen zu können. Dies kann demokratische Teilhabe schwächen, denn informierte Beteiligung setzt voraus, dass Quellen geprüft, Informationen eingeordnet und öffentliche Debatten grundsätzlich als zugänglich und nachvollziehbar wahrgenommen werden können.

Dem sollte vor allem durch qualitativ hochwertige Medienbildung begegnet werden. Diese muss sich sowohl an Lehrkräfte als auch an Lernende richten. Ziel ist, verständlich zu machen, wie Deepfakes, algorithmische Verstärkung und personalisierte Manipulation funktionieren und wo Medien klare Grenzen ziehen müssen. Medienbildung sollte dabei eng mit aktiver Demokratiebildung verbunden werden. Kinder und Jugendliche müssen lernen, problematisches Verhalten von Medienschaffenden zu erkennen, einzuordnen und in Zweifelsfällen Quellen zuverlässig zu prüfen.

Die konsequente Regulierung von Plattformen ist eine weitere wesentliche Intervention. Dies betrifft insbesondere nachweisliche Deepfakes, Fake News und emotional verstärkende Algorithmen, wenn Kinder und Jugendliche Zugriff darauf haben. Plattformen müssen stärker in die Verantwortung genommen werden, dort Grenzen zu ziehen, wo manipulierte Inhalte oder algorithmische Verstärkung demokratische Meinungsbildung beeinträchtigen können.

Demokratische Teilhabe junger Menschen sollte doppelt geschützt werden: durch Stärkung ihrer eigenen Medien- und Demokratiekompetenz sowie durch klare Regulierung digitaler Plattformen, auf denen Deepfakes, Fake News und emotional verstärkende Algorithmen ihr Unwesen treiben.

4. Welche Kinder und Jugendlichen drohen, von den Chancen digitaler Innovationen systematisch ausgeschlossen zu werden – nicht nur durch fehlende Barrierefreiheit, sondern auch durch sozioökonomische Faktoren, Sprache oder regionale Infrastruktur?

Vor allem jene Kinder und Jugendliche, bei denen sich mehrere Benachteiligungen überlagern, laufen Gefahr, von den Chancen digitaler Innovationen systematisch ausgeschlossen zu werden. Dazu zählen soziale Benachteiligung, sprachliche Hürden, Behinderungen beziehungsweise sonderpädagogische Unterstützungsbedarfe sowie ungleiche infrastrukturelle Voraussetzungen. Der Digital Divide ist damit nicht nur eine Frage fehlender technischer Ausstattung oder Barrierefreiheit, sondern ein strukturelles Problem ungleicher digitaler Teilhabe. Er muss entsprechend sozial-, bildungs- und infrastrukturpolitisch adressiert werden (Nieding, 2023; Yotyodying und Lorenz, 2022).

Besonders gefährdet sind Kinder und Jugendliche, deren Zugang zu digitalen Angeboten durch sozioökonomische Faktoren eingeschränkt ist. Gemeint sind Lebenslagen, in denen finanzielle Ressourcen, Bildungszugänge oder unterstützende Lernumgebungen ungleich verteilt sind. Wenn solche Faktoren mit sprachlichen Hürden oder regional schlechterer digitaler Infrastruktur zusammenkommen, kann sich der Ausschluss von digitalen Chancen zusätzlich verstärken.

Auch Kinder und Jugendliche mit Behinderungen oder sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf benötigen besondere Aufmerksamkeit. Für diese Gruppen zeigen Studien, dass die Wirkung digitaler Innovationen stark davon abhängt, ob Angebote Subgroup-sensitiv gestaltet sind. Gemeint ist damit, dass digitale Anwendungen nicht pauschal für „Kinder mit Unterstützungsbedarf“ konzipiert werden, sondern unterschiedliche Teilgruppen, Bedarfe und Nutzungsvoraussetzungen berücksichtigen. Effekte können je nach Teilgruppe deutlich unterschiedlich ausfallen (Thomas et al., 2024a; Standen et al., 2020).

Gleichzeitig sollte die Bewertung nicht rein defizitorientiert erfolgen. Einige Studien zeigen, dass gerade Lernende mit niedrigerem Vorwissen, niedrigeren Klassenstufen oder bestimmte benachteiligte Gruppen von digitalen Innovationen besonders profitieren können. Digitale Angebote können also Chancen eröffnen, sofern sie zugänglich, passend gestaltet und unterstützend eingebettet sind (Thomas et al., 2024b; Meeter, 2021; Wang et al., 2024; Pervaiz et al., 2025).

Entscheidend ist daher, digitale Innovationen nicht nur als technische Angebote zu verstehen. Ihre Teilhabewirkung hängt davon ab, ob soziale Benachteiligung, sprachliche Hürden, Behinderungen beziehungsweise sonderpädagogische Unterstützungsbedarfe und regionale Infrastruktur gemeinsam berücksichtigt werden. Nur dann können digitale Innovationen bestehende Ungleichheiten abbauen, statt sie zu verfestigen.

5. Welche positiven Potenziale bietet KI für individuelle Unterstützung, z. B. adaptive Lernangebote oder Assistenzsysteme für Kinder mit Beeinträchtigungen?

KI bietet positive Potenziale für individuelle Unterstützung vor allem dort, wo adaptive Systeme genutzt werden, um Lern- und Unterstützungsangebote stärker an die jeweiligen Voraussetzungen einzelner Kinder und Jugendlicher anzupassen. Adaptive Systeme sind Anwendungen, die Kompetenzstände erfassen und daraus individualisierte Lernpfade, Zusatzmaterialien oder differenzierte Unterstützung ableiten können. Der Mehrwert liegt also darin, dass Lernangebote nicht für alle gleich gestaltet werden, sondern an den jeweiligen Lernstand und Unterstützungsbedarf angepasst werden können (Wutthisarn & Junpeng, 2024; Prasertsang et al., 2025a/b; Ezzaim et al., 2023/2024).

Für Kinder und Jugendliche mit Beeinträchtigungen können solche Systeme besonders wichtig sein, wenn sie individuelle Lernvoraussetzungen besser sichtbar machen und Unterstützung passgenauer bereitstellen. Thomas et al. (2024a) verweisen ausdrücklich auf positive Effekte hybrider Human-AI-Tutoring-Ansätze für Schüler:innen mit Behinderungen. Hybride Human-AI-Tutoring-Ansätze sind Unterstützungsformate, in denen menschliche pädagogische Begleitung und KI-gestützte Systeme zusammenwirken. KI ersetzt dabei nicht die menschliche Unterstützung, sondern kann helfen, Lernstände differenzierter zu erfassen und passende nächste Schritte vorzuschlagen.

Ein einschlägiges Beispiel nennen Standen et al. (2020) mit einem adaptiven Lernsystem auf Basis multimodaler Affekterkennung für Lernende mit intellektuellen Beeinträchtigungen. Multimodale Affekterkennung bedeutet hier, dass ein System unterschiedliche Signale nutzen kann, um Hinweise auf emotionale Zustände oder Lernreaktionen zu erfassen. Dadurch kann Unterstützung stärker an die aktuelle Lernsituation angepasst werden.

Insgesamt liegt das positive Potenzial von KI für individuelle Unterstützung darin, Lernstände genauer zu diagnostizieren, Lernwege individueller zu gestalten und zusätzliche Unterstützung differenzierter bereitzustellen. Besonders für Kinder mit Beeinträchtigungen können hybride Ansätze, die KI-Systeme mit menschlicher pädagogischer Begleitung verbinden, einen wichtigen Beitrag leisten.

III. Kinder- und Jugendschutz, Forschung und Governance

1. Wie können die zu erwartenden technologischen Entwicklungen durch zielgerichtete Forschung beim Kinder- und Jugendschutz begleitet werden (z. B. zu wirksamen Schutzmechanismen, Altersverifikation, kindgerechten KI-Systemen)?

Die erwartbaren technologischen Entwicklungen sollten im Bereich des Kinder- und Jugendschutzes vor allem durch Forschung zu digitalen Lehr- und Lernsettings begleitet werden. Entscheidend ist dabei, Bildungstechnologien nicht unhinterfragt zu implementieren, sondern ihre Förderung an pädagogische Fundierung und Begleitung zu binden. Maßgeblich sollte das Primat der Pädagogik sein. Das heißt, nicht die technische Lösung selbst steht im Mittelpunkt, sondern ihre didaktisch-pädagogische Qualität.

Zielgerichtete Forschung kann dazu beitragen, Bildungstechnologien empirisch geleitet an messbaren und fundierten Bildungszielen auszurichten. Unter Bildungszielen sind dabei nicht nur quantitative Ziele zu verstehen, sondern überdies qualitative Ziele, die Bildung als Wert an sich abbilden. Wenn Interventionen an Bildungszielen gemessen werden, können Bildungstechnologien indirekt anhand ihrer pädagogischen Grundlagen bewertet werden.

In Fördermaßnahmen ließe sich dieser Ansatz dadurch aufgreifen, dass digitale Lehr- und Lernsettings zum Gegenstand von Forschung und Entwicklung gemacht werden. Diese sollten ko-kreativ von Bildungsexpert:innen und Technikentwickler:innen entwickelt oder weiterentwickelt werden. Ko-kreativ bedeutet hier, dass pädagogische und technische Perspektiven gemeinsam in die Gestaltung einfließen. Leitend sollte dabei die didaktisch-pädagogische Qualität sein.

Darüber hinaus sollten Projekte wie KUCOBINA von Seitenstark e. V. und der TH Köln weiter gefördert werden. Solche Projekte adressieren offene Forschungsfragen zur Entwicklung intrinsischer Motivation bei Kindern, die das Lernen erst lernen, wenn KI-Systeme bewerten und Lernprozesse steuern. Intrinsische Motivation meint hier die Motivation, aus eigenem Interesse und eigener Lernbereitschaft heraus zu lernen.

Zugleich verweist KUCOBINA auf die Notwendigkeit von Klarheit zur Wahrung von Bildungs- und Chancengerechtigkeit, wenn Zugänge, Kompetenzen und Risiken ungleich verteilt sind. Forschung zu technologischen Entwicklungen im Kontext des Kinder- und Jugendschutzes sollte daher auch untersuchen, wie digitale Bildungsangebote unter Bedingungen ungleich verteilter Zugänge, Kompetenzen und Risiken gestaltet werden können.

2. Welche Formen der Governance sind nötig, um technologischen Entwicklungen und dem Kinder- und Jugendschutz gerecht zu werden?

Erforderlich ist eine risikobasierte Governance, die bereits in verschiedenen bestehenden Regelwerken angelegt ist, insbesondere im Digital Services Act, im Jugendschutzgesetz und im Jugendmedienschutz-Staatsvertrag. Diese Regelungen setzen jedoch an unterschiedlichen Ebenen an. Die zentrale Herausforderung besteht daher weniger darin, völlig neue Einzelpflichten zu schaffen, sondern bestehende Risiko- und Vorsorgepflichten besser miteinander zu verzahnen.

Ziel sollte ein integriertes Risikomanagement sein: Kinder- und jugendschutzrelevante Risiken sollten nicht isoliert betrachtet werden, sondern gemeinsam erfasst und bewertet werden. Dazu gehören Risiken aus der Verbreitung von Inhalten, Interaktionsdesign, algorithmischer Personalisierung, Werbung, Datenverarbeitung und KI-Anwendungen. Gerade weil technologische Entwicklungen

diese Ebenen zunehmend miteinander verbinden, reicht es nicht aus, Risiken nur entlang einzelner Rechtsbereiche oder technischer Funktionen zu betrachten.

Für Anbieter sollte dies bedeuten, dass sie nicht mehrere parallele Risikoanalysen erstellen müssen. Stattdessen sollten sie ein konsistentes Schutz- und Risikokonzept vorlegen können, das Anforderungen aus Jugendschutzrecht, Digital Services Act, Datenschutzrecht und KI-Verordnung zusammenführt. Ein solches Konzept könnte dazu beitragen, Schutzanforderungen kohärenter umzusetzen und zugleich Doppelstrukturen zu vermeiden.

Für die Aufsicht folgt daraus ein erheblicher Abstimmungsbedarf: Relevante Zuständigkeiten liegen unter anderem bei der Bundeszentrale für Kinder- und Jugendmedienschutz, dem Digital Services Coordinator, der Medienaufsicht, der Datenschutzaufsicht und der künftigen KI-Aufsicht. Eine geeignete Governance muss daher nicht nur Anbieterpflichten adressieren, sondern auch die Koordination zwischen den zuständigen Aufsichtsstrukturen verbessern.

Zugleich ist zu berücksichtigen, dass bestehende Governance-Vorgaben, insbesondere aus Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), Digital Services Act (DSA) und AI Act, vor allem für rechtswidrige beziehungsweise hochriskante technologische Ansätze gelten. Kinder- und jugendschutzrelevante Risiken können aber auch unterhalb dieser Schwellen entstehen, etwa durch Empfehlungssysteme, Personalisierung, Interaktionsdesign, Aufmerksamkeitsmechanismen oder KI-gestützte Kommunikation. Wenn diese Risiken stärker adressiert werden sollen, müsste dies durch neue gesetzliche Anbieterpflichten geschehen.

Ergänzend sollten Beratungsansätze umfassend und proaktiv ausgestaltet werden. Das würde Anbieter nicht erst im Konflikt- oder Aufsichtsfall adressieren, sondern frühzeitig Orientierung dazu geben, wie kinder- und jugendschutzrelevante Risiken erkannt und in Schutzkonzepte übersetzt werden können. Als Bezugspunkt kann hier ein proaktiver Beratungsansatz wie das BfDI-ReguLab dienen.

3. Wie können bestehende Regelungen (JuSchG, DSA, KI-Verordnung) wirksam durchgesetzt und aufeinander abgestimmt werden?

Regelungen wie das Jugendschutzgesetz (JuSchG), der Jugendmedienschutz-Staatsvertrag (JMStV), DSA, Datenschutzrecht und KI-Verordnung können wirksam durchgesetzt und besser aufeinander abgestimmt werden, wenn sie nicht isoliert nebeneinander angewendet, sondern funktional aufeinander bezogen werden. Der digitale Kinder- und Jugendmedienschutz ist auf EU-Ebene, bundes- und landesrechtlich bereits weit entwickelt. Die zentralen Schwächen liegen daher weniger in einem völligen Fehlen von Regelungen, sondern eher in ihrer Überlagerung, Abgrenzung und im praktischen Vollzug.

Der Digital Services Act sollte dabei als zentrale Plattformregelung genutzt werden. Er adressiert den Schutz Minderjähriger nicht nur über Inhaltskontrolle, sondern auch über strukturelle Sorgfaltpflichten, Empfehlungssysteme und Risikosteuerung. Empfehlungssysteme bezeichnen Mechanismen, die Inhalte sortieren, priorisieren oder sichtbar machen. Risikosteuerung bedeutet hier, dass Plattformen systematisch erfassen und begrenzen müssen, welche Risiken durch ihre Dienste entstehen können.

Für die Abstimmung der bestehenden Regelungen ist entscheidend, welches Risiko jeweils adressiert wird. Es sollte also funktional unterschieden werden, ob es um Inhalte, Kontakt, Verhalten,

Werbung, Datenverarbeitung oder KI-spezifische Gefährdungen geht. Auf dieser Grundlage können JuSchG, JMStV, DSA, Datenschutzrecht und KI-Verordnung besser zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Zugleich sollten Doppelstrukturen vermieden werden. Anbieter sollten möglichst ein einheitliches Schutz- und Risikokonzept vorlegen können, statt dieselben Risiken mehrfach nach unterschiedlichen Rechtsakten prüfen zu müssen. Ein solches Konzept könnte die verschiedenen Anforderungen zusammenführen und dadurch die praktische Umsetzung erleichtern.

Für eine wirksame Durchsetzung ist außerdem eine praktische Koordination der Aufsicht erforderlich. Abstimmungsbedarf besteht insbesondere zwischen Bundesnetzagentur beziehungsweise Digital Services Coordinator, der Bundeszentrale für Kinder- und Jugendmedienschutz beziehungsweise der Stelle zur Durchsetzung von Kinderrechten in digitalen Diensten, Landesmedienanstalten, Datenschutzaufsicht und künftiger KI-Aufsicht. Ohne eine solche Koordination bleiben Zuständigkeiten trotz bestehender materieller Schutzpflichten schwer handhabbar.

Für den Schulalltag kommt hinzu, dass Vorgaben aus KI-Verordnung und DSGVO auch über Beschaffung wirksam gemacht werden können. Behörden sollten hierfür sogenannte Procurement Guardrails, also Beschaffungsrichtlinien, sowie standardisierte Vertragsklauseln nutzen. Diese können Transparenz und Fairness beim Kauf von EdTech-Software verbindlicher absichern und dazu beitragen, rechtliche Anforderungen bereits bei der Auswahl und vertraglichen Gestaltung digitaler Bildungsangebote zu berücksichtigen.

4. Wie ist damit umzugehen, dass digitale Räume primär von gewinnorientierten Unternehmen gestaltet werden, deren Geschäftsmodelle (Aufmerksamkeitsökonomie, Datenmonetarisierung) strukturell mit Schutzinteressen für junge Menschen kollidieren können?

Digitale Räume werden heute wesentlich von gewinnorientierten Unternehmen gestaltet. Daraus ergibt sich ein strukturelles Spannungsverhältnis, wenn Geschäftsmodelle, die auf Aufmerksamkeitsökonomie und Datenmonetarisierung beruhen, mit Schutzinteressen junger Menschen kollidieren. Mit Aufmerksamkeitsökonomie ist gemeint, dass digitale Angebote darauf ausgerichtet sind, möglichst viel Nutzungszeit und Interaktion zu erzeugen. Datenmonetarisierung bezeichnet Geschäftsmodelle, bei denen Daten von und über Nutzer:innen wirtschaftlich verwertet werden.

Dieses Spannungsverhältnis ist als klassisches Marktversagen in Verbindung mit einer unzureichenden Steuerungswirkung staatlicher Regeln zu verstehen. Der Markt bringt unter diesen Bedingungen nicht automatisch digitale Räume hervor, die vorrangig am Schutz und an der Entwicklung junger Menschen orientiert sind. Wenn wirtschaftliche Anreize darauf zielen, Aufmerksamkeit zu binden und Daten nutzbar zu machen, können Schutzinteressen systematisch untergeordnet werden.

Die verbindliche Förderung offener, nicht-proprietärer KI-Systeme und digitaler Infrastrukturen ist eine probate Reaktion darauf. Offene, nicht-proprietäre Systeme sind Angebote, die nicht allein von einzelnen Unternehmen kontrolliert werden und deren Funktionsweise transparenter gestaltet werden kann. Solche Infrastrukturen könnten insbesondere dort relevant sein, wo Kinder und Jugendliche in Bildungszusammenhängen mit digitalen Systemen interagieren.

Konkret sollte die Entwicklung domänenspezifischer KI-Modelle mit erhöhten Transparenzstandards gefördert werden, die speziell für Bildungszwecke trainiert werden. Domänenspezifisch bedeutet hier, dass die Systeme nicht allgemein für beliebige Nutzungskontexte entwickelt werden, sondern gezielt auf den Bildungsbereich ausgerichtet sind. Erhöhte Transparenzstandards sollen

nachvollziehbarer machen, wie solche Systeme funktionieren und welche Grundlagen ihre Ergebnisse haben.

Der Umgang mit gewinnorientiert gestalteten digitalen Räumen sollte daher nicht allein darin bestehen, problematische Geschäftsmodelle nachträglich zu begrenzen. Es sollten ebenso alternative digitale Infrastrukturen gefördert werden, die stärker an Bildungszwecken, Transparenz und Schutzinteressen junger Menschen ausgerichtet sind.

5. Wie kann der Kinder- und Jugendschutz international wirksam gestaltet werden, wenn Plattformen global operieren, Regulierung aber überwiegend national erfolgt?

Kinder- und Jugendschutz kann gegenüber global operierenden Plattformen nur begrenzt wirksam gestaltet werden, wenn deren Regulierung überwiegend national erfolgt. Der zentrale Hebel liegt daher auf europäischer Ebene. Gegenüber globalen Plattformen ist der nationale Rechtsrahmen allein nur eingeschränkt wirksam. Maßgeblich ist eine starke, einheitliche und konsequent vollzogene EU-Regulierung, insbesondere über den Digital Services Act.

Die begrenzte Wirksamkeit nationaler Durchsetzung ergibt sich auch daraus, dass Unionsrecht häufig am Herkunftslandprinzip ansetzt. Damit ist gemeint, dass für Anbieter in vielen Fällen vor allem der Mitgliedstaat zuständig ist, in dem sie niedergelassen sind. Dadurch können Unterschiede entstehen, weil Aufsichtsbehörden unterschiedliche Maßstäbe dafür anlegen, ob und wann sie gegen große Plattformen einschreiten.

Zugleich sollten technische Schutzlösungen grenzüberschreitend funktionieren. Altersüberprüfung, Inhaltskennzeichnung, Beschwerdeschnittstellen und Schutzvoreinstellungen sollten nicht für jeden Mitgliedstaat isoliert entwickelt werden. Gerade weil Plattformen grenzüberschreitend genutzt werden, müssen auch Schutzmechanismen so gestaltet sein, dass sie über nationale Grenzen hinweg wirksam und anschlussfähig sind.

Ein wichtiger Ansatzpunkt ist zudem, dass Anbieter sich ihrer Verantwortung nicht durch Sitzverlagerung oder globale Konzernstrukturen entziehen können. Wer Dienste für Kinder und Jugendliche in der EU anbietet, sollte auch den entsprechenden Schutzanforderungen unterliegen. Bezugspunkt kann hier das aus der DSGVO bekannte Markttortprinzip sein. Dadurch ist dort, wo Unternehmen Dienste anbieten, das jeweilige Recht anwendbar, einschließlich der damit verbundenen Aufsicht.

Nationale Stellen bleiben dennoch wichtig. Auch wenn der zentrale Regelungs- und Durchsetzungshebel auf europäischer Ebene liegt, können nationale Stellen Risiken identifizieren, Beschwerden bündeln, Forschung fördern, Prävention stärken und europäische Verfahren fachlich vorbereiten. Damit übernehmen sie eine wichtige Rolle dabei, konkrete Probleme sichtbar zu machen und in europäische Durchsetzungsprozesse einzuspeisen.

Insgesamt bedarf wirksamer internationaler Kinder- und Jugendschutz gegenüber globalen Plattformen daher einer starken europäischen Durchsetzung, grenzüberschreitend funktionierender technischer Schutzmechanismen und nationaler Stellen, die Risiken erfassen, Beschwerden bündeln und europäische Verfahren fachlich unterstützen.

IV. Übergreifende Querschnittsfragen

1. Wie können Regulierung und Schutzkonzepte institutionell so aufgestellt werden, dass sie mit der Geschwindigkeit technologischer Entwicklung Schritt halten können?

Regulierung und Schutzkonzepte sollten so angelegt werden, dass sie nicht auf einzelne Technologien fixiert sind, sondern mit technologischen Veränderungen mitwachsen können. Dafür nötig sind zum einen klare rechtliche Spielregeln, zum anderen adaptive institutionelle Strukturen, die neue Entwicklungen beobachten, bewerten und in Schutzmaßnahmen übersetzen können.

Ein wichtiger Grundsatz ist eine möglichst technologie neutrale Regulierung. Das bedeutet, rechtliche Vorgaben werden nicht nur auf bestimmte Anwendungen oder Systeme zugeschnitten, die schnell wieder überholt sein können. Stattdessen sollten sie an übergreifenden Prinzipien und Schutzmechanismen ausgerichtet sein, etwa Nicht-Manipulation, Transparenz und Schutz der Persönlichkeit. Die Spielregeln müssen klar sein, wie dies etwa bei DSGVO und KI-Verordnung angelegt ist. Zugleich müssen Behörden in der Lage sein, auf Meldungen schnell zu reagieren und bei erkennbaren Risiken zeitnah zu intervenieren.

Ergänzend braucht es adaptive Governance-Modelle. Adaptive Governance heißt, dass Regulierung und Schutzkonzepte nicht als einmalig abgeschlossene Regelwerke verstanden werden, sondern als lernende Strukturen. Dazu gehören iterative Lernprozesse, also regelmäßige Überprüfung und Anpassung, sowie Zusammenarbeit über mehrere Ebenen hinweg. Mit Multiscale Collaboration ist gemeint, dass unterschiedliche Ebenen und Akteure zusammenarbeiten müssen: etwa Bildungssystem, Bildungseinrichtungen, Lehrkräfte, Lernende, Anbieter und Betreiber digitaler Systeme.

Ein weiterer Grundpfeiler sollten pädagogisch adaptive Ansätze sein. Damit können Kinder, Jugendliche, Lehrende und Bildungseinrichtungen kontinuierlich darin unterstützt werden, mit neuen Technologien umzugehen. Dazu gehört eine dynamische Medienkompetenzförderung, die sich nicht auf einmalige Schulungen beschränkt, sondern neue technologische Entwicklungen fortlaufend aufgreift. Auch dynamische Peer-to-Peer-Lernmethoden und -netzwerke, Mentoring-Programme sowie Lernansätze wie Scaffolding können dabei eine Rolle spielen. Scaffolding meint eine gestufte Unterstützung, die Lernende zunächst stärker begleitet und ihnen schrittweise mehr Eigenständigkeit ermöglicht.

Für Bildungskontexte ist digitale Souveränität ein zentraler institutioneller Ansatz. Ziel ist, Abhängigkeiten von Plattformen und KI-Systemen sowie die von ihnen produzierten Verzerrungen zu reduzieren und zugleich eine kritische Nutzung dieser Systeme in Lern- und Lehrprozessen zu fördern. Digitale Souveränität sollte dabei auf systemischer, institutioneller und individueller Ebene verstanden werden.

KI-Anwendungen in Bildungskontexten sollten als soziotechnische Systeme betrachtet werden: Nicht nur die Technik selbst ist relevant, sondern das Zusammenwirken von Mensch, Organisation und Technik. Alle drei Teilsysteme sind gestaltbar. Es sollte also nicht nur gefragt werden, welche Kompetenzen Lernende und Lehrende entwickeln müssen, um sich an bestehende Technik anzupassen. Ebenso wichtig ist die umgekehrte Frage: Wie müssen technische Systeme gestaltet sein, damit sie die digitale Souveränität von Lernenden, Lehrenden, Bildungseinrichtungen und des Bildungssystems insgesamt fördern? In diesem Zusammenhang spielt Explainable AI eine große Rolle, also die Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit von KI-Systemen.

Für das Bildungssystem bedeutet digitale Souveränität vor allem, Abhängigkeiten von großen internationalen, aber auch nationalen Anbietern von Plattformen und KI-Systemen zu reduzieren. Lern- und Lehrprozesse sollten vor Verzerrungen durch nicht ausgewogene und potenziell gefährliche Large Language Models und KI-Agenten geschützt werden. Auch starke Abhängigkeiten von verbreiteten Produkten wie Office 365 sind in diesem Zusammenhang relevant. Damit digitale Souveränität strukturell verankert wird, braucht es eine strategisch kohärente Steuerung entsprechender Maßnahmen im Bildungssystem.

Bildungseinrichtungen sind digital souverän, wenn sie unterschiedliche KI-Systeme bewerten, reflektiert für ihre eigenen Zwecke auswählen und einführen können. Dafür brauchen sie interne Strukturen wie technischen Support, technisch-didaktisches Coaching und Communities of Practice für KI-Anwendungen. Communities of Practice sind praxisbezogene Lern- und Austauschgemeinschaften, in denen Erfahrungen systematisch geteilt und weiterentwickelt werden. Solche Strukturen fördern die Entscheidungs-, Handlungs- und Entwicklungsfähigkeit von Bildungseinrichtungen. Zugleich müssen sie die digitalen Kompetenzen ihrer Lehrkräfte und Lernenden kontinuierlich weiterentwickeln.

Lehrende und Lehrkräfte benötigen die Fähigkeit, KI-Anwendungen als Systeme zu verstehen, didaktisch zu bewerten, einzusetzen und bei Bedarf anzupassen. In Kooperation mit technischen Fachkräften sollten sie außerdem Anregungen für die Weiterentwicklung solcher Systeme geben können. Lernende wiederum benötigen ein grundlegendes Verständnis der Arbeitsweise von KI-Systemen. Sie müssen Kompetenzen entwickeln, den eigenen Einsatz von KI so zu gestalten, dass valide und bewertbare Ergebnisse entstehen, etwa anhand von Quellen. Dazu gehört auch die Fähigkeit, solche Ergebnisse selbst einschätzen und bewerten zu können.

Forschung und Entwicklung sollten diese institutionelle Aufstellung unterstützen. FuE-Projekte in diesem Feld müssen Bildungseinrichtungen, Lehrende und Lernende einerseits sowie Anbieter und Betreiber von KI-Systemen für die Bildung andererseits zusammenbringen. Dadurch kann zugleich ein Innovationsschub entstehen: für das Bildungssystem und seine Akteure ebenso wie für technische Entwickler und Dienstleister digitaler Bildungstechnologien in Deutschland, einschließlich Ed-Tech-Start-ups.

Regulierung und Schutzkonzepte können mit der Geschwindigkeit technologischer Entwicklung nur Schritt halten, wenn sie klare prinzipienbasierte Regeln, schnelle behördliche Interventionsfähigkeit, adaptive Governance, kontinuierliche Kompetenzentwicklung und digitale Souveränität im Bildungssystem miteinander verbinden. Entscheidend ist, Schutz nicht als statische Vorgabe zu verstehen, sondern als fortlaufende institutionelle Gestaltungsaufgabe.

2. Wie können Kinder und Jugendliche aktiv und strukturiert in die Entwicklung und Ausgestaltung von Schutz-, Teilhabe- und Innovationskonzepten einbezogen werden, anstatt nur Gegenstand von regulatorischen Maßnahmen zu sein?

Kinder und Jugendliche sollten nicht nur als Schutzadressat:innen regulatorischer Maßnahmen betrachtet werden, sondern aktiv und strukturiert in die Entwicklung von Schutz-, Teilhabe- und Innovationskonzepten einbezogen werden. Ein geeigneter Ansatzpunkt dafür sind institutionalisierte Repräsentationsstrukturen, etwa die Bundesschülerkonferenz.

Über solche bestehenden Vertretungsformate können Perspektiven von Kindern und Jugendlichen gebündelt, legitimiert und in politische Beratungsprozesse eingebracht werden. Dies könnte auch bedeuten, Vertreter:innen entsprechender Jugend- und Schüler:innenvertretungen systematisch in Expert:innenkommissionen einzubeziehen. Auf diese Weise würden Kinder und Jugendliche nicht

nur mittelbar Gegenstand von Regulierung bleiben, sondern über strukturierte Beteiligungswege an der Ausgestaltung von Schutz-, Teilhabe- und Innovationskonzepten mitwirken.

3. Wie kann sichergestellt werden, dass neue Technologien (KI, immersive Medien, Plattformen) barrierefrei gestaltet sind und digitale Teilhabe für Kinder und Jugendliche mit unterschiedlichen Voraussetzungen ermöglichen?

Neue Technologien wie KI, immersive Medien und Plattformen können digitale Teilhabe nur dann wirksam ermöglichen, wenn Barrierefreiheit und unterschiedliche Nutzungsvoraussetzungen von Anfang an mitgedacht werden. Zentral ist dabei die Orientierung an Prinzipien des universellen Designs. Systeme sollen also nicht erst nachträglich angepasst werden, sondern bereits in der Entwicklung so gestaltet werden, dass sie für möglichst viele Kinder und Jugendliche zugänglich und nutzbar sind.

Dazu gehört, gruppenspezifische Barrieren bereits im Entwicklungsprozess zu reflektieren und kontinuierlich zu testen. Unterschiedliche Voraussetzungen können sich etwa aus Behinderungen, sonderpädagogischen Unterstützungsbedarfen, sprachlichen oder kulturellen Hintergründen sowie verschiedenen Lernständen ergeben. Entscheidend ist deshalb, dass Systeme nicht als One-size-fits-all-Produkte eingeführt werden, sondern Subgroup-sensitiv getestet und angepasst werden. Subgroup-sensitiv bedeutet, dass unterschiedliche Teilgruppen mit ihren jeweiligen Voraussetzungen, Barrieren und Unterstützungsbedarfen gesondert betrachtet werden (Standen et al., 2020; Thomas et al., 2024a).

Barrierefreiheit und Teilhabe sollten dabei nicht nur technisch, sondern auch didaktisch verstanden werden. Studien legen nahe, dass Systeme besonders dann positiv wirken, wenn sie in strukturierte Lernsettings eingebettet sind, ausreichend genutzt und von Lehrkräften aktiv begleitet werden (Thomas et al., 2024b; Pervaiz et al., 2025; Wang et al., 2024). Strukturierte Lernsettings sind Lernumgebungen, in denen Ziele, Aufgaben, Begleitung und Rückmeldungen klar gerahmt sind.

Gestaltung mit Teilhabe-Potenzial bedeutet vor allem präzise Diagnostik, unmittelbares Feedback, adaptive Sequenzierung und kalibriertes Scaffolding. Präzise Diagnostik meint, dass Systeme den aktuellen Lernstand möglichst genau erfassen. Bei unmittelbarem Feedback erhalten Lernende zeitnah Rückmeldung. Adaptive Sequenzierung beschreibt die Anpassung der Reihenfolge und Schwierigkeit von Aufgaben an individuelle Fähigkeiten und Anforderungen. Kalibriertes Scaffolding ist eine passende, schrittweise Unterstützung, die weder überfordert noch zu viel abnimmt (Prasertsang et al., 2025a; Marwiani et al., 2025; Huang et al., 2020/2021).

KI-Systeme sollten dabei psychologisch so gestaltet sein, dass sie den aktuellen Lernstand beschreiben und nächste Schritte vorschlagen, anstatt als urteilende Instanz aufzutreten. Dadurch können sie Lernende unterstützen, ohne sie zu entmutigen oder auf Defizite zu reduzieren. Systeme sollten sich anhand individueller Fähigkeiten und Anforderungen KI-gestützt anpassen und dynamisch gestaltet sein.

Digitale Teilhabe hängt zudem nicht nur von barrierearmem Design ab, sondern auch von ungleichen Zugangs- und Unterstützungsbedingungen. Wenn Endgeräte, verlässlicher Internetzugang sowie technischer und pädagogischer Support fehlen, besteht die Gefahr, dass neue Technologien bestehende digitale Ungleichheiten eher verstärken als abbauen (Nieding, 2023; Yotyodying und Lorenz, 2022). Barrierefreiheit muss deshalb auch infrastrukturell und unterstützungsbezogen verstanden werden.

Teilhabe wird zusätzlich über sprachliche, kulturelle und interaktive Anpassung unterstützt. Dazu gehören etwa mehrsprachige, multimodale oder lokal eingebettete Designs. Mehrsprachige Designs können sprachliche Hürden reduzieren; multimodale Designs nutzen unterschiedliche Zugänge wie Text, Sprache, Bild oder Interaktion; lokal eingebettete Designs berücksichtigen konkrete soziale und kulturelle Kontexte (Uriarte-Portillo et al., 2023; Simbolon et al., 2025; Liu et al., 2025).

Wichtig ist schließlich, mit Lern- und Bildungseinrichtungen im Dialog zu bleiben und Technologien regelmäßig zu reflektieren. Da sich soziokulturelle und soziotechnologische Umwelten verändern, müssen auch Barrieren, Teilhabebedingungen und Unterstützungsbedarfe fortlaufend überprüft werden. Digitale Teilhabe entsteht damit nicht allein durch technische Barrierefreiheit, sondern durch die Verbindung von universellem Design, Subgroup-sensitiver Entwicklung, didaktischer Einbettung, adaptiver Unterstützung, geeigneter Infrastruktur und kontinuierlicher Reflexion.

4. Welche automatisierten Schutzsysteme sind in den nächsten Jahren realistisch einsetzbar – und wo liegen deren Grenzen (z. B. hinsichtlich Fehlerquoten, Überwachung, Grundrechtseinschränkungen)?

In den nächsten Jahren kommen grundsätzlich verschiedene automatisierte Schutzsysteme in Betracht. Dazu gehören insbesondere KI-basierte Content-Moderation, prädiktive Risikoanalysen anhand von Text- und Spracheingaben, automatische Alterserkennung und Freigabe altersgerechter Inhalte sowie Systeme zur Erkennung physiologischer und emotionaler Zustände, etwa Stress oder Angst.

KI-basierte Content-Moderation kann eingesetzt werden, um problematische Inhalte automatisiert zu erkennen, einzuordnen oder zu begrenzen. Gemeint sind Verfahren, die digitale Inhalte analysieren und Hinweise darauf geben können, ob sie für Kinder und Jugendliche ungeeignet oder riskant sein könnten.

Prädiktive Risikoanalysen anhand von Text- und Spracheingaben könnten vor allem dort wichtig werden, wo aus Kommunikationsmustern Hinweise auf mögliche Risiken abgeleitet werden sollen, etwa im psychologischen Bereich. Prädiktiv bedeutet hier, dass Systeme nicht nur bereits eingetretene Ereignisse erfassen, sondern mögliche Risikolagen vorherzusagen versuchen.

Automatische Alterserkennung und die Freigabe altersgerechter Inhalte können dazu beitragen, Inhalte stärker an das jeweilige Alter von Kindern und Jugendlichen anzupassen. Dabei geht es um Systeme, die automatisiert einschätzen, ob Nutzer:innen zu einer bestimmten Altersgruppe gehören und welche Inhalte entsprechend zugänglich gemacht werden.

Darüber hinaus sind Systeme denkbar, die physiologische und emotionale Zustände erkennen, etwa Stress oder Angst. Gemeint sind Anwendungen, die Hinweise auf körperliche oder emotionale Zustände aus bestimmten Signalen ableiten und daraus Schutz- oder Unterstützungsbedarfe erkennen sollen.

Allerdings bestehen zu diesen Schutzsystemen unterschiedliche Perspektiven und Einschätzungen hinsichtlich ihrer technischen Umsetzbarkeit, Verlässlichkeit und Angemessenheit. Dies betrifft insbesondere Fragen nach Fehlerquoten, Fehlklassifikationen, Überwachungseffekten und möglichen Grundrechtseinschränkungen. Gerade deshalb sollte die weitere Diskussion nicht allein auf abs-

trakter Ebene geführt werden. Erforderlich wäre eine unabhängige, szenariobasierte Technikfolgenabschätzung, die konkrete Umsetzungsmöglichkeiten unterscheidet, technische Voraussetzungen offenlegt und die jeweiligen Schutzwirkungen, Risiken und Grenzen systematisch bewertet.

Eine solche Analyse müsste insbesondere klären, welche automatisierten Schutzsysteme unter welchen Bedingungen realistisch einsetzbar sind, welche Daten sie benötigen, welche Fehleranfälligkeiten bestehen und welche Folgen sich daraus für Kinder und Jugendliche ergeben können. Dabei wären nicht nur technische Leistungsfähigkeit und Schutzwirkung zu betrachten, sondern auch Datenschutz, Datensicherheit, mögliche Überwachungseffekte und grundrechtliche Implikationen.

Die Grenzen dieser Verfahren liegen vor allem im Bereich Datenschutz und Datensicherheit. Alle genannten Systeme verarbeiten potenziell sensible Informationen: Inhalte, Sprache, Altershinweise sowie physiologische oder emotionale Signale. Deshalb sind sie grundsätzlich kritisch zu hinterfragen. Je stärker Schutzsysteme auf personenbezogene, emotionale oder körperbezogene Daten zugreifen, desto höher sind die Anforderungen an einen verantwortlichen Umgang mit Datenschutz und Datensicherheit.

Automatisierte Schutzsysteme sollten daher nicht nur danach bewertet werden, ob sie technisch grundsätzlich verfügbar erscheinen. Entscheidend ist, in welchen konkreten Anwendungsszenarien sie tatsächlich zuverlässig funktionieren können, welche Schutzgewinne realistisch sind und welche Risiken für Datenschutz, Datensicherheit, Überwachung und Grundrechte damit einhergehen.

Literatur

- **Alenezi, A. (2024).** *Evaluating the Effectiveness of AI-Powered Adaptive Learning Systems in Secondary Schools.* *International Journal on Studies in Education*, 6(4), 686–700. <https://doi.org/10.46328/ijonse.264>
- **Asanza, M. E. R., Garcia, M. M. S., Sánchez, M. A. A., Del Pilar Vilela Chérrez, M. & Naguas, T. M. C. (2025).** *Pedagogía adaptativa basada en inteligencia artificial en aulas fiscales del Ecuador.* *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 2(3), 1261–1286. <https://doi.org/10.71112/va5m6220>
- **Becker, E., Wünsche, J., Veith, J. M., Schrader, J., Bitzenbauer, P. (2025).** *Relief to Affective Engagement 1 From Cognitive Relief to Affective Engagement: An Empirical Comparison of AI Chatbots and Instructional Scaffolding in Physics Education.* Institute of Physics Education, Leipzig University.
- **Bettinger, E., Fairlie, R. W., Kapuza, A., Kardanova, E., Loyalka, P., Zakharov, A. (2020).** *Diminishing Marginal Returns to Computer-Assisted Learning.* <http://www.nber.org/papers/w26967>
- **De Saussure, Marlène; Czerniak-Wilmes, Julia; Albert, Bernhard; Hesse, Carsten; Kruse, Edeltraud; Peters, Robert (2023).** *Jung, digital, missverstanden? Was junge Menschen und Berufseinsteiger*innen von der digitalen Arbeitswelt der Zukunft erwarten.* Herausgegeben vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft. 2023. https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Deep-Dive_Jugend-digital-missverstanden_bf.pdf
- **Ezzaim, A., Dahbi, A., Haidine, A., Aqqal, A. (2023).** *Mejora de los resultados académicos a través de un marco de aprendizaje adaptativo utilizando un novedoso método de predicción del rendimiento basado en el aprendizaje automático.* *Data & Metadata*, 2, 164. <https://doi.org/10.56294/dm2023164>
- **Ezzaim, A., Dahbi, A., Haidine, A., Aqqal, A. (2024).** *The Impact of Implementing a Moodle Plug-in as an AI-based Adaptive Learning Solution on Learning Effectiveness: Case of Morocco.* *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(01), 133–149. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i01.46309>
- **Feng, M., Brezack, N., Huang, C., Kao, Y., Collins, K., Lee, M. et al. (2025).** *Evaluating the Efficacy of an Intelligent Tutoring System That Integrates Affective Supports Into Math Learning.* *Journal of Computer Assisted Learning*, 41(5). <https://doi.org/10.1111/jcal.70106>
- **Hladký, M., Nagashima, T. (2025).** *The MindfulMath Tutor: A Mindfulness-Infused Learning Environment to Battle Math Anxiety.* <https://doi.org/10.1145/3706599.3719922>
- **Horvers, A., Kooi, R., Campen, C. A. N. K., Dijkstra, R., Baars, M. & Molenaar, I. (2024).** *How does co-regulation with Adaptive Learning Technologies affect primary school students' goal-setting, regulation of practice behavior and learning outcomes?* *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1435483>
- **Huang, Y., Aleven, V., McLaughlin, E. & Koedinger, K. (2020).** *A General Multi-method Approach to Design-Loop Adaptivity in Intelligent Tutoring Systems.* In *Lecture Notes in Computer Science*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52240-7_23
- **Huang, Y., Lobczowski, N. G., Richey, J. E., McLaughlin, E. A., Asher, M. W., Harackiewicz, J. M. et al. (2021).** *A General Multi-method Approach to Data-Driven Redesign of Tutoring Systems.* <https://doi.org/10.1145/3448139.3448155>
- **Hubel, Nikolas; Peters, Robert; Hille, Mona; Goluchowicz, Kerstin (2025).** *Generative KI – Technologieszenarien und Auswirkungen auf Arbeit bis 2030.* Herausgegeben vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft. 2025. https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Generative_KI_Technologieszenarien_und_Auswirkungen_auf_Arbeit_bis_2030.pdf

- Liu, Z., Lin, G., Li, H., Zhang, H., Lu, Y., Gao, X. et al. (2025). *SingaKids: A Multilingual Multimodal Dialogic Tutor for Language Learning*. <https://arxiv.org/abs/2506.02412v1>
- Marwiang, M., Prasertsang, M., Junpeng, P. (2025). *Enhancing Students' Learning Outcomes in Mathematics through Intelligent Tutoring Systems Based on Real-Time Feedback*. *Journal of Education and Learning*, 14(6), 186. <https://doi.org/10.5539/jel.v14n6p186>
- Meeter, M. (2021). *Primary school mathematics during the COVID-19 pandemic: No evidence of learning gaps in adaptive practicing results*. *Trends in Neuroscience and Education*, 25, 100163. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2021.100163>
- Nieding, I. (2023). Teilhabe durch digitale Medien im häuslichen Umfeld: Medienerziehung im Kontext informeller und bildungsbezogener Nutzungsweisen von Kindern und Jugendlichen. In A. Wilmers, M. Achenbach, & C. Keller (Hrsg.), *Bildung im digitalen Wandel: Die Bedeutung digitaler Medien für soziales Lernen und Teilhabe* (S. 33–73). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830998464.02>
- Nussbaum, M. C. (2011). *Creating Capabilities: The Human Development Approach*. Harvard University Press.
- Oreopoulos, P., Gibbs, C., Jensen, M., Price, J. (2024). *Teaching Teachers to Use Computer Assisted Learning Effectively: Experimental and Quasi-Experimental Evidence*. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w32388/w32388.pdf
- Oreopoulos, P., Keyes-Krysakowski, O., Agarwal, D. (2026). *How In-School Supervised Ed-Tech Support Produces Massive Learning Gains: A Khan Academy Field Experiment in India*. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w34683>
- Pervaiz, Z., Bakar, A., Saddique, S. (2025). *Enhancing Learning Outcomes through AI-Based Tutoring Systems: A Study on Student Motivation and Academic Achievement*. *ACADEMIA International Journal for Social Sciences*, 4(3), 5427–5449. <https://doi.org/10.63056/acad.004.03.0805>
- Prasertsang, M., Marwiang, M., Junpeng, P. (2025a). *Developing Mathematical Procedures in Numbers and Algebra Through an Intelligent Tutoring System*. *Journal of Education and Learning*, 14(6), 245. <https://doi.org/10.5539/jel.v14n6p245>
- Prasertsang, M., Marwiang, M., & Junpeng, P. (2025b). *Enhancing mathematical conceptual structure in number and algebra through intelligent tutoring systems for Demonstration School of Khon Kaen University Thailand*. <https://doi.org/10.1109/itc-cscc66376.2025.11137723>
- Simbolon, M., Pongkondek, J. J., Henukh, A., Ronchintaniawati, D. (2025). *AI-Driven Sociocultural Interactive Digital Module for Papua: Advancing Educational Technology to Sustainable Development Goals*. *International Journal of Learning Teaching and Educational Research*, 24(2), 543–559. <https://doi.org/10.26803/ijlter.24.2.27>
- Standen, P. J., Brown, D. J., Taheri, M., Trigo, M. J. G., Boulton, H., Burton, A. et al. (2020). *An evaluation of an adaptive learning system based on multimodal affect recognition for learners with intellectual disabilities*. *British Journal of Educational Technology*, 51(5), 1748–1765. <https://doi.org/10.1111/bjet.13010>
- Thomas, D. R., Gatz, E., Gupta, S., Aleven, V., Koedinger, K. R. (2024a). *The Neglected 15%: Positive Effects of Hybrid Human-AI Tutoring Among Students with Disabilities*. Carnegie Mellon University.
- Thomas, D. R., Lin, J., Gatz, E., Gurung, A., Gupta, S., Norberg, K. et al. (2024b). *Improving Student Learning with Hybrid Human-AI Tutoring: A Three-Study Quasi-Experimental Investigation*. <https://doi.org/10.1145/3636555.3636896>
- Unabhängige Expertenkommission "Kinder- und Jugendschutz in der digitalen Welt" des Bundesministeriums für Bildung, Familie, Senioren, Frauen und Jugend. *Bestandsaufnahme* (Stand: 15.04.2026). <https://www.bmbfsfj.bund.de/bmbfsfj/themen/kinder->

[und-jugend/kinder-und-jugendschutz/bestandsaufnahme-der-expertenkommission-kinder-und-jugendschutz-in-der-digitalen-welt--284626](#)

- **Uriarte-Portillo, A., Zatarain-Cabada, R., Barrón-Estrada, M. L., Ibáñez, M. B., & Lucía-Margarita González-Barrón. (2023).** *Intelligent Augmented Reality for Learning Geometry. Information*, 14, 245.
- **Wang, F., Zhou, X., Li, K., Cheung, A. C. K., Tian, M. (2025).** *The effects of artificial intelligence-based interactive scaffolding on secondary students' speaking performance, goal setting, selfevaluation, and motivation in informal digital learning of English. Interactive Learning Environments*, 33(7), 4633–4652.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2470319>
- **Wang, X., Neitzel, A. J., Madden, N. A. (2024).** *Lightning Squad: Assessing the Dosage Effect of Computer-Assisted Tutoring with Cooperative Learning for Struggling Readers. Journal of Education for Students Placed at Risk (JESPAR)*, 1–19.
<https://doi.org/10.1080/10824669.2024.2388242>
- **Wijekumar, K., Lei, P., Rice, M., Beerwinkle, A., Zhang, S., Meyer, B. J. F. (2024).** *A Web-Based Intelligent Tutoring System for Reading Comprehension Delivered to Fifth-Grade Students Attending High-Poverty Schools: Results From a Replication Efficacy Study. Journal of Educational Psychology*, 116(8), 1333–1351.
<https://doi.org/10.1037/edu0000878>
- **Wutthisarn, W., Junpeng, P. (2024).** *The Effect of a Diagnostic System for Scientific Competency Combined with a Personalized Intelligent Tutoring Module through Machine Learning for Enhancing the Learning Progression of Seventh Grade Students. International Journal of Religion*, 5(11), 6192–6208. <https://doi.org/10.61707/mwsxkt90>
- **Yan, J. (2024).** *Effectiveness Analysis and Optimization Path of AI Tutoring Models in Foreign Language Learning Applications. Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1).
<https://doi.org/10.2478/amns-2024-1341>
- **Yannier, N., Hudson, S. E., Chang, H., Koedinger, K. R. (2024).** *AI Adaptivity in a Mixed-Reality System Improves Learning. International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34(4), 1541–1558. <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00388-5>
- **Yotyodying, S., & Lorenz, R. (2022).** *Einschätzung der IT-Ausstattung und des IT-Supports der Schulen der Sekundarstufe I aus Lehrkräfteperspektive im Bundesländervergleich und im Trend seit 2017. In R. Lorenz, S. Yotyodying, B. Eickelmann, & M. Endberg (Hrsg.), Schule digital – der Länderindikator 2021: Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der Sekundarstufe I in Deutschland im Bundesländervergleich und im Trend seit 2017 (S. 41–60). Waxmann. https://doi.org/10.31244/9783830995449*
- **Zhai, J., Sudiarta, G. P., Santosa, M. H., Wayan, I., Astawa, P. (2025).** *Research on intelligent regulation mechanisms of learner cognitive load in digital learning environments. Future Technology*, 4(4), 205–215. <https://doi.org/10.55670/fpll.futech.4.4.17>