

Version 1.0

# Smart Skilling

Lernen der Zukunft: AI Augmented Learning and Development, Learning Analytics, Unified Data Management

---

Martin Maga   
Anh Mattick   
Cornelius Bauknecht   
Peter Molitor   
Jonas Dietz 

2024-12-16

Stuttgart

Acknowledgement: Darius Selke, Daniel Eichhorn, Malou Götz,  
Leonie Müller, Dominik Sturm

In Kooperation mit

sopra  steria

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Executive Summary</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Herausforderung</b>	<b>5</b>
3.1	Fehlende Evidenz . . . . .	5
3.2	Compliance . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Lösungsansatz</b>	<b>10</b>
4.1	Smart Skilling . . . . .	11
4.2	AI Augmented Learning and Development . . . . .	11
4.3	AI Augmented Learning Analytics . . . . .	13
4.4	Unified Data Management . . . . .	16
4.4.1	Ethisch fundierte Werte . . . . .	17
4.4.2	Rechtliche Normen . . . . .	18
4.4.3	Soziale und technologische Best Practices . . . . .	19
<b>5</b>	<b>Ausblick</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Quellen</b>	<b>22</b>

**Abstract:** Angesichts des rasanten technologischen Fortschritts, insbesondere im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) beziehungsweise Artificial Intelligence (AI) sowie der Augmented Reality und Virtual Reality (AR, VR), steht der Bildungssektor vor bisher ungeahnten Chancen aber auch Herausforderungen. Dieses White Paper thematisiert die Notwendigkeit evidenzbasierter Methoden zur Steigerung des Lernerfolgs sowie die Notwendigkeit zur konzeptionellen Harmonisierung der komplexen regulatorischen Anforderungen, die sich aus neuen Gesetzen wie dem European Union Artificial Intelligence Act (EU AI Act) ergeben. Wir stellen das neue Framework *Smart Skilling* vor, das AI Augmented Learning and Development, AI Augmented Learning Analytics und Unified Data Management umfasst. Dieses Framework soll zukünftige Forschung erleichtern und die Schaffung neuer, praxisnaher Best Practices in Forschungs- und Entwicklungsprojekten erleichtern. Wir schlagen konkrete transdisziplinäre Forschungsvorhaben vor, um diese Paradigmen empirisch zu überprüfen, und laden zur Zusammenarbeit mit Wissenschaft, Wirtschaft und Politik ein, um die Zukunft des Lernens proaktiv zu gestalten.

**Keywords:** Künstliche Intelligenz (KI), Artificial Intelligence (AI), Smart Skilling, AI Augmented Learning, AI Augmented Learning Analytics, Unified Data Management, Smart Learning, Bildungsinnovationen, Lerntechnologien, Evidenzbasiertes Lernen, EU AI Act, DSGVO, GDPR, Datenschutz, Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Adaptives Lernen, Personalisierte Lernpfade, Learning Analytics, Smart Tutoring Systems, Smart Assistance, Ethics of technology, Ethik in der Bildung, Compliance, Educational Technologies (EdTech), Future Skills, Technikfolgenabschätzung, Life Long Learning, Distributed Ledger, Technologies (DLT), Blockchain, Privacy by Design, Value Sensitive Design, Verschlüsselung, Data Management, Data Quality, Data Excellence, Datenschutz, Datensicherheit, Datensparsamkeit, Re-Skilling, Up-Skilling, Cross-Skilling, Immersive Learning, Smart Skilling Lab

## 1 Executive Summary

Die technologische Revolution durch Künstlichen Intelligenz (KI) beziehungsweise Artificial Intelligence (AI) sowie der Augmented Reality und Virtual Reality (AR, VR) eröffnet dem Bildungssektor transformative Möglichkeiten, stellt ihn aber vor zwei zentrale Herausforderungen: Erstens fehlen evidenzbasierte Methoden zur Wirksamkeitsmessung moderner Lerntechnologien. Zweitens erfordern neue Regularien wie die des European Union Artificial Intelligence Act (EU AI Act) komplexe technische und administrative Anpassungen.

Als Antwort darauf führen wir das Framework **Smart Skilling** ein, das drei synergetisch verknüpfte Komponenten umfasst:

1. **Artificial Intelligence Augmented Learning and Development:** Die Schaffung KI-gestützter, immersiver Lernumgebungen durch den Einsatz von Gamification, AR/VR, die das individuelle Lernerlebnis verbessern und komplexe Inhalte verständlicher machen. (Siehe Abschnitt *AI Augmented Learning and Development*.)
2. **Artificial Intelligence Augmented Learning Analytics:** Die Schaffung von KI-gestützten, adaptiven Lernsystemen, die in Echtzeit mittels Bio-Sensorik individuelle Lernpfade optimieren und somit die Lerneffektivität steigern. (Siehe Abschnitt *AI Augmented Learning Analytics*.)
3. **Unified Data Management:** Ein integrierter Ansatz, der ethische Werte, rechtliche Normen, soziale und technologische Best Practices (wie Verschlüsselung oder Zertifizierung) in der Planung, Ausführung und Auswertung aller Datenflüsse von personenbezogenen Daten berücksichtigt. Dies gewährleistet die Einhaltung von Datenschutzgesetzen wie des EU AI Acts. (Siehe Abschnitt *Unified Data Management*.)

Das Fraunhofer IRB etabliert hierzu das **Smart Skilling Lab** in Stuttgart als Reallabor für die Erforschung und Entwicklung der **Zukunft des Lernens**. Wir laden Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zur Zusammenarbeit ein, um evidenzbasierte, regulierungskonforme und menschenzentrierte Bildungsinnovationen zu gestalten.

## 2 Stand der Technik

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) erfreut sich weltweit jüngst größter Beliebtheit, nicht zuletzt aufgrund der inzwischen produktiven Performance der neuesten Versionen von Large Language Models (LLM) wie ChatGPT von OpenAI ([OpenAI 2024](#)), Gemini von Google ([Google DeepMind 2024](#)), Claude von ANTHROPIC ([ANTHROPIC 2024](#)) oder Llama 3 von Meta ([Meta 2024b](#)).

Insbesondere wird KI vermehrt in Form von intelligenten Lehr-Systemen (Artificial Intelligence (AI) Tutoring Systems) eingesetzt. (Lin, Huang, und Lu 2023; Stanford University 2024; StudySmarter 2024; The Princeton Review 2024; Wikipedia 2024a). Es lässt sich außerdem ein rapider Anstieg neuer dezidiert KI-gestützter Lernsysteme, sogenannter *AI Tutoring Systems (AITS)* verzeichnen. (Falhs u. a. 2023; Liao 2024) Neuste Beispiele für diese AITS sind LearnLM von Google (Gomes 2024, 2024) und Gauth des Mutterkonzerns von ByteDance, TikTok (Gauth 2024). Ein vielversprechender Ansatz besteht in der Gamification von Lernpfaden, wie Luis von Ahn, Mitgründer von Duolingo vorschlägt. (Patel 2024)

Die jüngsten Entwicklungen im Bereich VR und AR ermöglichen es schon heute die Lernerfahrung auf ein neues Niveau zu heben. Führende Unternehmen in diesem Bereich wie Meta Platforms mit ihrer Oculus-Produktlinie, Microsoft mit der HoloLens und HTC mit Vive entwickeln fortschrittliche VR/AR-Hardware und -Software, die im Bildungssektor bereits Anwendung finden. Doch jenseits des Hypes sei jedoch auch angemerkt, dass eine kritische Haltung insbesondere in Bezug auf die unregulierte Kommerzialisierung des Lernens angemessen ist. (Mirrlees und Alvi 2019)



Lernpfade können künftig hochgradig individualisiert und in einen Konnex zur Unternehmensstrategie sowie dem Skillset und den Wünschen der Mitarbeiter gebracht werden.«

— **Dr. Ingo W. Marfording**

Head of Legal, Compliance, Human Resources & Corporate at Sopra Steria SE

Die jüngsten Entwicklungen im Bereich KI-gestützter sowie AR/VR-gestützter Methoden zur Wissensvermittlung im klassischen Bildungswesen (primär, sekundär und tertiär) sowie der beruflichen Weiterbildung (Re-Skilling, Up-Skilling, Cross-Skilling) lassen sich in den größeren Kontext der *Educational Technologies* einordnen.

**Educational Technologies** (Edtech, Edutech), im Deutschen manchmal auch E-Learning genannt, ist eine Klasse von Praxen, bei denen moderne, digitale Technologien eingesetzt werden, um Wissen zu vermitteln. (Januszewski und Molenda 2013; Wikipedia 2024b)

Mit dem globalen Einsatz von Computern (Personal Computer (PC), Laptop, Tablet, Smartphone) und dem Internet (World Wide Web) im Bildungswesen hat die Menschheit ein neues, ungeahntes Ausmaß der Skalierung von Bildung und Wissensvermittlung erreicht. Wikipedia, YouTube, Reddit, um nur ein paar wenige Beispiele zu nennen, haben zu einer beispiellosen Demokratisierung und globalen Verbreitung von Wissen geführt. Open Educational Resources (OER) und dezidierte Plattformen für Massive Open Online Course (MOOC) wie beispielsweise NovoEd, edEx, Courseara oder Udemy, sowie dessen Vorläufer des Fernunterrichts, haben die Hochschul- und Erwachsenenbildung revolutioniert. Auch wenn viele dieser Plattformen oft proprietäre, kommerzielle Produkte sind, so konnten durch diese Plattformen die finanziellen und soziotechnologischen Hürden zum Zugang qualitativ hochwertiger Bildungsangebote stark gesenkt werden. Dies trifft leider mehr auf die Erwachsenenbildung zu als auf die Kinderbildung.

Mit den jüngsten technologischen Errungenschaften im Bereich der Künstlichen Intelligenz und der AR und VR erleben wir zurzeit eine weitere Bildungsrevolution, die ohne Zweifel eine ganz neue Ära des Lernens einläutet.

## 3 Herausforderung

### 3.1 Fehlende Evidenz

Die Rolle der KI in der Weiterbildung erfährt jüngst auch in der Forschungslandschaft eine zunehmende Relevanz. Eine Vielzahl an Studien und Publikationen beleuchtet schon heute sowohl die Potenziale als auch die Herausforderungen des Einsatzes von KI in Lern- und Bildungsprozessen, mit den ersten vielversprechenden Resultaten. So kommen Mah und Torner beispielsweise zu dem Schluss, dass in der Hochschulbildung KI-Lösungen insbesondere durch die Personalisierung und Flexibilisierung von Lernprozessen potenziell signifikante Vorteile gegenüber klassischen Ansätzen bieten. (Mah und Torner 2022)

Witt, Gloerfeld und Wrede weisen jedoch darauf hin, dass neben den vielversprechenden technischen, auch ethische und rechtliche Implikationen des KI-Einsatzes in der Weiterbildung zu berücksichtigen sind. (de Witt, Gloerfeld, und Wrede 2023) Diese Implikationen betreffen vorwiegend Fragen des Datenschutzes und der Datensicherheit, die in der bisherigen Literatur nur am Rande behandelt werden. Hier spielen dann auch die Rahmenbedingungen des EU AI Act eine wichtige Rolle, die wir im Abschnitt *Compliance* beleuchten. Auch Schleiss et al. betonen die Notwendigkeit einer *strategischen* Integration von KI-Technologien im Bildungssektor. (Schleiss u. a. 2023)

Spezifische Anwendungsbeispiele und Best Practices für den Einsatz von KI-Tools vor allem in der beruflichen Weiterbildung sind alles in allem jedoch noch

unzureichend erforscht und dokumentiert. Zwar weisen anekdotische Erfahrungsberichte darauf hin, dass Lehrkräfte durch den Einsatz moderner Technologien und Paradigmen eine Reduktion ihrer Arbeitslast erfahren und Lernende gleichzeitig von der Individualisierung der Lernangebote und technologischen Unterstützung profitieren. (Gomes 2024)



KI bietet die Möglichkeit, Lern-Nuggets für die Mitarbeiter:innen individualisiert auf deren Vorkenntnisse und aktuelle Bedarfe anzubieten. Gleichzeitig bleibt soziales Lernen im Team unverzichtbar. «

— **Prof. Dr. Stephan Matzka**

Professor at HTW Berlin, Mechatronics & AI

Das legt zwar den intuitiven Schluss nahe, dass diese neuen Technologien allen Beteiligten im Bildungssektor helfen. Jedoch gibt es bisher so gut wie *keine* klare empirische Evidenz, dass moderne, digitale Technologien dazu beitragen, die Wissensvermittlung zu verbessern. Beispielsweise haben nur 7 % der Unternehmen in Großbritannien, die Technologie zur Wissensvermittlung anbieten, wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse über die Wirksamkeit ihrer Angebote. (UNESCO 2023c) Auch wenn es einige vielversprechende Studienergebnisse zur Wirksamkeit gibt (Falhs u. a. 2023), so ist die Evidenzlage noch erstaunlich dünn. Es ist also davon auszugehen, dass ein Großteil der eingesetzten Technologien zur Wissensvermittlung bis dato noch nicht wissenschaftlich fundiert ist.

Zudem haben wir, zumindest in Deutschland, ein in vielerlei Hinsicht, altes und marodes Bildungssystem, welches im Wesentlichen seit dem Zweiten Weltkrieg nicht signifikant erneuert wurde. Die Integration neuester, vielversprechender Technologien in dieses alte Bildungssystem steht vor der immensen Herausforderung, zwei Welten miteinander zu vereinen, die hinsichtlich ihrer Paradigmen sowie Innovationsstände unterschiedlicher nicht sein könnten. Der jüngste Vorstoß von Bayern ist hier als positive Ausnahme hervorzuheben (Füller 2024), wenngleich diese Initiative im Rahmen der föderalen Grundstruktur des deutschen Bildungssystems natürlich von vornherein seine Grenzen hat.

Zuletzt mussten wir durch die COVID-19-Pandemie, zumindest in Deutschland, feststellen, dass unser Bildungssystem noch nicht auf dem aktuellen Stand der Technik ist und insgesamt nicht resilient ist und erhebliche soziotechnologi-

sche Unzulänglichkeiten aufweist. Dies hat einerseits zu massiven Überlastungen der Familien und Bildungseinrichtungen geführt. Gleichzeitig hat diese COVID-Krise einige längst überfällige Innovationen (wie BigBlueButton, Jitsi, etc.) im Bereich der *Edtech* angetrieben. Außerdem wurde durch diese Krise sichtbar, was für gute Bildung wirklich nötig ist und was vielleicht ein Artefakt vergangener Zeiten ist. Die neuesten Prognosen weisen außerdem darauf hin, dass das deutsche Bildungssystem auch im kommenden Jahrzehnt weiterhin im Spannungsfeld von steigenden Schüler:innenzahlen und sinkenden Lehrer:innenzahlen stehen wird. ([Kultusministerkonferenz 2024](#)) Die soziotechnologischen Sachzusammenhänge sind jedoch komplex und lassen sich im Kontext des vorliegenden White Papers natürlich nicht angemessen beleuchten. Sicher scheint allerdings, dass es für das gesamte Bildungssystem in Deutschland enorme Verbesserungspotenziale gibt.

Gleichzeitig und im starken Kontrast zu den genannten offenkundigen Mängeln erleben wir spätestens mit dem seit einigen Jahren eingeläuteten Zeitalter produktiver KI-Systeme eine beispiellose Beschleunigung der ohnehin schon hochfrequenten technologischen Innovationszyklen, die sich ebenso schnell und unerbittlich in unsere Lern- und Arbeitswelten niederschlagen. Dieser Trend wird sich mit relativ großer Sicherheit in den kommenden Jahren fortsetzen und ebenfalls nicht unwahrscheinlich, kurz- bis mittelfristig in Artificial General Intelligence (AGI) münden. ([Grace u. a. 2024](#)) In einer solchen sich rasant wandelnden Lern- und Arbeitswelt ist strategisches, effektives lebenslanges Lernen (Re-Skilling, Up-Skilling und Cross-Skilling) unerlässlich.

Die Entwicklung von *Future Skills* wie kritischem Denken, Kreativität und *Digital Literacy* (digitaler Grundkompetenz) ist unabdingbar, um den komplexen bestehenden und zukünftigen Herausforderungen unserer Gesellschaft gewachsen zu sein. ([UNESCO 2023b](#)) Der kreative, innovative, produktive und kritische Umgang mit KI und deren Weiterentwicklung zählt zweifelsohne zu diesen Fähigkeiten. Organisationen wie die OECD betonen deshalb zurecht die Bedeutung solcher Future Skills und das strategische Life Long Learning für die Gesellschaft von morgen. ([OECD 2018](#))

Hochtechnologien und insbesondere KI nehmen hier eine interessante Doppelrolle ein: Einerseits sind sie Lerngegenstand, den es zu verstehen und zu beherrschen gilt. Andererseits stellen diese Hochtechnologien auch die Lernmittel dar, die das effektive Erlernen eben derselben in vielen Fällen überhaupt erst ermöglichen.

Dieses Spannungsfeld wirft die Frage auf, welche Paradigmen, Methoden und Technologien tatsächlich messbar den Lernerfolg steigern. (Siehe Abschnitt [Smart Skilling](#).)



## 3.2 Compliance

Die Integration von KI im Bildungswesen erfordert eine sorgfältige Berücksichtigung ethischer und technologischer Aspekte, um sicherzustellen, dass KI-Systeme fair, transparent und zum Wohl der Lernenden eingesetzt werden. Die Europäische Kommission hat hierzu bereits 2019 Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI entwickelt, in denen Datenschutz, Nichtdiskriminierung und gesellschaftliches Wohlergehen betont werden. (Europäische Kommission 2019)

Eine, aus epistemischen und ethischen Gesichtspunkten, besonders wichtige Rolle spielt die Schaffung von *Explainable AI (XAI)* (erklärbare KI), die darauf abzielt, die Entscheidungsprozesse von KI-Systemen transparent und nachvollziehbar zu machen. Insbesondere im Bildungsbereich ist XAI von besonderer Wichtigkeit, weil nur so die Gründe hinter den Empfehlungen oder Bewertungen für Lehrende und Lernende zu verstehen sind. (Mah und Torner 2022)

Auch die UNESCO fordert in Ihrer Empfehlung *Ethik zur Künstlichen Intelligenz* einen verantwortungsvollen Umgang mit KI im Bildungssektor und betont Menschenrechte von Kindern und interdisziplinäre Technikfolgenabschätzung von KI. (UNESCO 2023a)

Zuletzt hat am 13. März 2024 das Europäische Parlament den *EU AI Act* verabschiedet. (European Union 2024b; Commission 2024; Future of Life Institute 2024; Parliament 2023) Der EU AI Act gibt einen umfassenden rechtlichen Rahmen, der darauf abzielt, die Entwicklung und Nutzung von künstlicher Intelligenz (KI) innerhalb der Europäischen Union (EU) zu regulieren. Dieses Gesetz soll sicherstellen, dass KI-Technologien *sicher, transparent und nach ethischen Grundsätzen* entwickelt und eingesetzt werden.

Basierend auf den *Hauptzielen* des EU AI Act:

1. Sicherheit und Transparenz,
2. Schutz der Grundrechte sowie
3. Förderung der Innovation,

können KI-Systeme in die folgenden *Risikoklassen* eingeteilt werden:

1. *Unannehmbares Risiko*: KI-Anwendungen, die als klare Bedrohung für die Sicherheit, Lebensgrundlagen oder Rechte der Bürger angesehen werden, sind verboten.
2. *Hohes Risiko*: KI-Systeme in kritischen Bereichen wie Gesundheitswesen und Verkehr müssen strenge Anforderungen erfüllen, bevor sie auf den Markt kommen.
3. *Begrenztes Risiko*: KI-Systeme, die bestimmte Transparenzanforderungen erfüllen müssen, wie zum Beispiel Chatbots.

4. *Minimales Risiko*: Die meisten KI-Systeme fallen in diese Kategorie und können ohne zusätzliche Auflagen eingesetzt werden.

Aus dieser Risikoklassifikation wiederum ergeben sich für die Entwicklung und den Einsatz von KI die folgenden *regulatorischen Anforderungen*:

1. *Pflicht zur Risikobewertung*: Entwickler von KI-Systemen müssen Risikobewertungen durchführen und die Konformität ihrer Produkte mit den EU-Vorschriften nachweisen.
2. *Pflicht zum Datenschutz und Datenmanagement*: KI-Systeme müssen unter Verwendung von qualitativ hochwertigen Daten trainiert werden, um Bias zu minimieren und die Genauigkeit zu maximieren.
3. *Pflicht zur Transparenz*: Benutzer müssen über den Einsatz von KI-Systemen informiert werden, insbesondere, wenn sie mit KI-Systemen interagieren.

Der EU AI Act berücksichtigt auch das geltende deutsche Urheberrecht (Urheberrechtsgesetz (UrhG) ([Bundesministerium der Justiz 2024](#))) und regelt den Umgang mit urheberrechtlich geschützten Inhalten beim Training von KI-Modellen und der Nutzung von KI-generierten Inhalten. So gibt es beispielsweise Transparenzpflichten für KI-Anbieter, insbesondere beim Training von Modellen. ([European Commission 2024](#); [European Union 2024b](#); [Commission 2024](#); [Parliament 2023](#))

KI-Anbieter müssen eine detaillierte Zusammenfassung der für das Training verwendeten Inhalte öffentlich zugänglich machen, um Transparenz zu schaffen. Dies soll Rechteinhabern die Durchsetzung ihrer Rechte erleichtern, ohne technische Details preisgeben zu müssen. ([European Commission 2024](#); [European Union 2024b](#); [Commission 2024](#); [Parliament 2023](#))

Für die wissenschaftliche Forschung gelten allerdings Ausnahmen für das Text- und Data-Mining urheberrechtlich geschützter Werke, sofern keine explizite Opt-Out-Klausel vorliegt. Der EU AI Act unterscheidet hier (noch) nicht zwischen kommerzieller und nicht-kommerzieller Forschung. ([European Commission 2024](#); [European Union 2024b](#); [Commission 2024](#); [Parliament 2023](#))

Grundsätzlich sind KI-generierte Inhalte (noch) nicht urheberrechtlich geschützt. Es empfiehlt sich jedoch, auch im Sinne der guten wissenschaftlichen Praxis, nicht selbst erstellte Inhalte entsprechend zu kennzeichnen, ähnlich wie bei Zitaten. ([Bundesministerium der Justiz 2024](#))

Trotz des EU AI Acts bestehen insgesamt noch viele Unsicherheiten im Umgang mit KI und dem Urheberrecht. Interessant ist zum Beispiel die Frage, was mit nicht urheberrechtlich geschützten Werken geschieht, die frei zugänglich sind, wie beispielsweise Bebauungspläne von Bauämtern, Schaltpläne oder Gerichtsurteile.

Klar ist, der EU AI Act muss im engen Zusammenspiel mit der General Data Protection Regulation (GDPR) der Europäischen Union (EU) ([European Union 2024a](#); [GDPR 2024](#)) beziehungsweise der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) ([Europäische Union \(EU\) 2016](#)), dem Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) ([Bundesministerium der Justiz 2017](#)) sowie dem zuvor schon genannte Urheberrechtsgesetz (UrhG) ([Bundesministerium der Justiz 2024](#)) sorgfältig betrachtet und implementiert werden.

Ungeachtet der regulatorischen Komplexität und offenen Fragen müssen alle EU-Mitgliedstaaten Institutionen benennen oder instanzieren, die speziell für die Überwachung und Durchsetzung des EU AI Act zuständig sind.

In einer Ära des schnellen, im Kontext der KI, bisher wenig regulierten, technologischen Fortschritts bietet der EU AI Act zwar einen wichtigen normativen Rahmen, um die Entwicklung und den Einsatz von KI zum Wohle aller EU-Bürger:innen zu fördern und zu regulieren. Zugleich stellt der AI Act aber viele Entwickler:innen, Forschungsorganisationen, Bildungseinrichtungen und Unternehmen vor die Herausforderung, den dort festgeschriebenen teils sehr komplexen regulatorischen Anforderungen gerecht zu werden. Die Einhaltung erfordert zugleich sozialen, technologischen als auch juristischen Sachverstand. Deshalb wurde im vorliegenden White Paper das Konzept **Smart Skilling** entwickelt, welches als *Framework von Best Practices* für die Community dient. Das Smart Skilling Framework soll als Blaupause für Forschungs- und Entwicklungsprojekte dienen, mit dem die komplexen sozialen, technologischen und regulatorischen Anforderungen praktikabel und anwendungsnah lösbar werden.

## 4 Lösungsansatz

Aktuell stehen Forschungsorganisationen, Bildungseinrichtungen und Unternehmen ergo vor gleich zwei Herausforderungen: *Erstens* besteht trotz des scheinbaren Erfolgs neuester Paradigmen, Methoden und Technologien zur Wissensvermittlung über deren tatsächliche Effekte Unklarheit (siehe Abschnitt [Fehlende Evidenz](#)). *Zweitens* gilt es eine Flut komplexer regulatorischer Anforderungen korrekt zu implementieren (siehe Abschnitt [Compliance](#)).

Der Lösungsansatz, der in diesem White Paper im Fokus steht, basiert auf dem Konzept *Smart Skilling*. In den folgenden drei Abschnitten gehen wir auf diesen Begriff und dessen Lösungspotenziale jeweils ein.

## 4.1 Smart Skilling

Zur Beantwortung der zwei Herausforderungen aus den Abschnitten *Fehlende Evidenz* und *Compliance* schlagen wir in diesem Abschnitt das Konzept **Smart Skilling** vor, welches wir hier wie folgt fassen:

**Smart Skilling** ist ein Sammelbegriff, der eine Klasse von humanzentrierten, soziotechnologischen Methoden und Praxen umfasst, die mithilfe moderner Lernparadigmen und Technologien individuelle Lernpfade, das heißt das individuelle Lernerleben sowie den individuellen Lernerfolg von Personen evidenzbasiert kontinuierlich optimieren. Diese Optimierung erfolgt mittels drei neuer eng verknüpfter sozio-technologischer Paradigmen:

1. **AI Augmented Learning and Development:** Optimierung der individuellen Lernpfade durch Schaffung KI-gestützter Lernwelten in Echtzeit. ... (Siehe Abschnitt *AI Augmented Learning and Development*.)
2. **AI Augmented Learning Analytics:** Optimierung der individuellen Lernpfade mithilfe von KI-gestützten Lernanalysen in Echtzeit. ... (Siehe Abschnitt *AI Augmented Learning Analytics*.)
3. **Unified Data Management:** ist eine Praxis der transparenten, kontinuierlichen Integration von a. ethisch fundierten Werten, b. rechtlichen Normen, c. technologischen und d. sozialen Best Practices. ... (Siehe Abschnitt *Unified Data Management*.)

In den folgenden drei Abschnitten erläutern wir die drei miteinander synergetisch verknüpften Begriffskomponenten von Smart Skilling.

## 4.2 AI Augmented Learning and Development

In der heutigen, sich schnell verändernden Welt kann die Bedeutung von Lernprognosen, adaptivem Lernen und selbstgesteuertem Lernen nicht hoch genug eingeschätzt werden.

**Smart Learning** beschreibt das Lernen mithilfe digitaler Lernbegleiter, Tutoren oder Coaches.

In den 60er Jahren entwickelten Skinner und Holland eine Methode, bei der Lerninhalte in kurzen Einheiten, sogenannten Frames, präsentiert wurden. Nach jeder Einheit folgte eine Frage, auf die die richtige Antwort gegeben wurde. Das Begriffsverständnis hat sich im Laufe der Zeit erweitert und umfasst nun auch die Lernumgebung (learning environment), zum Beispiel Werkzeuge und Techniken, die das Lernen fördern und bereichern (Dron, 2018).

Angesichts des stetigen Fortschritts der Künstlichen Intelligenz haben neuartige KI-gesteuerte Werkzeuge zu einer intelligenten Lernumgebung (engl. smart learning environment) beigetragen. Eine *Smart Learning Environment* integriert Lernobjekte unter Verwendung modernster Technologien, um Lernprozesse für aktive Lernerfahrungen zu ermöglichen. Zu unterscheiden sind Smart Learning Environments in zentralisierten und verteilten Modellen. (Dron 2018) Zentrale und verteilte Modelle unterscheiden sich hauptsächlich im jeweiligen Fokus und nicht in der Art. Das zentralisierte Modell konzentriert sich mehr auf die Orchestrierung des Verhaltens in der Umgebung als Ganzes, das verteilte Modell mehr auf die Ergänzung der Umgebung mit intelligenten Komponenten, bottom-up und Schritt für Schritt. Viele Systeme vereinen beide Modelle. Bei beiden wird die Intelligenz in erster Linie als Ergebnis digitaler Werkzeuge betrachtet, die sich anpassen und lernen, um das Lernen für ihre Benutzer:innen zu verbessern. Beide lassen zu, dass Umgebungen virtuell oder eine Mischung aus virtuell und physisch sein können, und beide betrachten Smartness als ein Merkmal eines oder mehrerer Werkzeuge innerhalb der Umgebung und nicht als Merkmal für die Umgebung als Ganzes.



Wir setzen KI-gestützte Weiterbildungen konsequent dort ein, wo sie bessere Ergebnisse als persönliche Trainings erzielen. Dafür nutzen wir Avatare, die einen natürlichen Austausch ermöglichen.«

— **Prof. Dr. Stephan Matzka**

Professor at HTW Berlin, Mechatronics & AI

KI-gestütztes Lernen und Entwicklung hat den Bildungsbereich schon jetzt revolutioniert, indem durch den Einsatz von erweiterter und virtueller Realität immersive und effektive Lernumgebungen geschaffen wurden. Künstliche Intelligenz wird zunehmend in verschiedene Aspekte unseres Lebens integriert und verändert die Art und Weise, wie wir lernen und Wissen erwerben. KI-gestütztes Lernen und Entwicklung nutzt die Leistung von KI, maschinellem Lernen und Automatisierungstechnologie, um personalisierte und adaptive Lernerfahrungen zu ermöglichen. Durch die Analyse großer Datenmengen kann KI Muster und Trends erkennen, um maßgeschneiderte Inhalte und personalisierte Lernpfade für einzelne Lernende bereitzustellen. (Singh & Mi-ah, 2020) Darüber hinaus nutzt KI für Augmented Learning und Entwicklung Augmented und Virtual Reality, um immersive Lernerfahrungen zu schaffen,

die über das traditionelle Lernen hinausgehen und hin zu einer lernerzentrierten Lernumgebung führen (Singh & Miah, 2020). Durch die Integration von KI Augmented Reality und Virtual Reality können Lernende in interaktive Simulationen, virtuelle Labore und immersive Umgebungen eintauchen, die ihr Verständnis und ihre Behaltensleistung bei komplexen Fällen, Themen und Situationen verbessern.

Durch den Einsatz von AR und VR in der Bildung können schon heute immersive Lernumgebungen geschaffen werden, die das Lernen durch interaktive und realitätsnahe Erfahrungen bereichern (Radianti u. a. 2020).

Die Forschung in diesem Bereich zeigt, dass der Einsatz von VR/AR die Motivation der Lernenden steigern und komplexe Konzepte besser verständlich machen kann. (Makransky und Lilleholt 2018) Wir befinden uns hier aber noch ganz am Anfang.

Wir schlagen deshalb einen integrierten und umfassenden Begriff vor:

**AI Augmented Learning and Development** ist die Praxis der kontinuierlichen Optimierung der individuellen Lernpfade durch Schaffung KI-gestützter, intelligenter, adaptiver, individualisierter, immersiver und effektiver Lernwelten mithilfe von Gamification (Skill Trees, etc.), moderner User Experience (UX), Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) in Echtzeit.

Auf Grundlage dieses Begriffs laden wir zu einem gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekt ein, das die oben beschriebenen Evidenzlücken füllen und den Weg für zukünftige Anwendungen ebnen soll.

**Forschungsvorhaben 1:** Wir schlagen ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt vor, das die Wirkung von KI-gestützten, immersiven Lernumgebungen mittels AR und VR auf den Lernerfolg untersucht. Ziel ist es, durch kontrollierte Studien zu evaluieren, inwiefern diese Technologien die Motivation, das Verständnis und die Lernleistung der Lernenden verbessern. Dabei sollen verschiedene Fachbereiche und Bildungsebenen berücksichtigt werden, um möglichst generalisierbare Erkenntnisse zu gewinnen. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, evidenzbasierte Empfehlungen für den effektiven Einsatz von KI und AR/VR in der Bildung zu formulieren und die Integration dieser Technologien in bestehende Lehrpläne zu erleichtern.

### 4.3 AI Augmented Learning Analytics

Die Grundlagen der *Learning Analytics* liegen unter anderem in der Forschung zum *Educational Data Mining* von Baker und Yacef. (Baker und Yacef 2009) Die Geburtsstunde der Forschung im Bereich der *Learning Analytics* begann mit

Siemens und Long, die das Forschungsfeld als Pioniere maßgeblich etabliert haben, indem sie die Potenziale neuer digitaler Technologien zur Transformation von Lernprozessen aufzeigten (Long und Siemens 2011; Shum und Ferguson 2012; Siemens 2013) und mit der ersten Konferenz zu Learning Analytics und Knowledge (LAK) im Jahr 2011 den Umfang dieses neuen Forschungsbereichs initial absteckten. (Ferguson 2012; Shum und Ferguson 2012; Siemens 2013) Gašević und Dawson betonen daran anschließend die Wichtigkeit, die technologischen Möglichkeiten mit den Zielen tatsächlicher Lernprozesse aus pädagogischen Gesichtspunkten zu harmonisieren. (Gašević, Dawson, und Siemens 2015)

**Learning Analytics** ist die Messung, Sammlung, Analyse und Auswertung von Daten über Lernende und ihr Lernumfeld. (SoLAR 2024c):<sup>1</sup>

Die Integration von Künstlicher Intelligenz in die bestehenden Bildungssysteme hat neue Wege eröffnet und eine neue Ära eingeläutet, nicht nur für die Learning Analytics, sondern für das Lernen ganz allgemeinen, in dem sie das Lernerlebnis in Echtzeit intelligent und adaptiv zu optimieren vermögen. Neue Lernsysteme können Echtzeit-Analytik nutzen, um das individuelle Lernverhalten, die Präferenzen und die Leistung der Lernenden zu profilieren, was wiederum eine personalisierte und adaptive Lernerfahrung ermöglicht. (Al-aqbi u. a. 2019; L. Chen, Chen, und Lin 2020)



Als leading-edge KI Unternehmen verfügen unsere Expert:innen über eine hohe Methodenkompetenz und setzen GenAI selbständig für ihren Lernprozess ein. Für uns ist das Teil der Unternehmenskultur.«

— **Prof. Dr. Stephan Matzka**

Professor at HTW Berlin, Mechatronics & AI

Adaptive Lernsysteme nutzen kontinuierliche Lernanalysen, um das Lernverhalten der Lernenden zu erfassen und auszuwerten. Diese Systeme bieten detaillierte Einblicke in bevorzugte Lernstile und Leistungsmetriken, passen Inhalte und Aktivitäten dynamisch an und optimieren so das Lernerlebnis (Costa u. a. 2021). Sie berücksichtigen emotionale und kognitive Zustände der Lernenden,

---

<sup>1</sup>Übersetzung der Autoren vom Englischen ins Deutsche sowie wohlwollende inhaltliche Anpassung.

um personalisiertes und effektives Lernen zu fördern (Al-aqbi u. a. 2019; L. Chen, Chen, und Lin 2020). Durch ständige Überwachung und Bewertung des Lernfortschritts können fundierte Entscheidungen getroffen, Stärken und Entwicklungsfelder identifiziert und entsprechende gezielte Interventionen implementiert werden.

Die strategische Integration von KI in bestehende Bildungsrahmen stellt sicher, dass die Vielfalt individueller Lernstile und die Bedürfnisse der Lernenden berücksichtigt werden (Al-aqbi u. a. 2019). Dies fördert eine ausgewogene Anwendung von Lehrpraktiken und technologischen Innovationen, die das Lernen personalisieren und effektiver gestalten. Durch die kontinuierliche Sammlung und Analyse von Lerndaten können Bildungseinrichtungen ihre Lehrmethoden anpassen und damit die Grundlage für eine zukunftsorientierte Bildungslandschaft legen (Hall u. a. 2023).

Insgesamt weist die bisherige Evidenzlage darauf hin, dass die Implementierung von KI-gestützten adaptiven Lernsystemen in Echtzeit eine signifikante Verbesserung der Lerneffektivität und der individuellen Lernpfade herbeiführen kann. Die bisherigen Vorstöße, Analysen und Erkenntnisse unterstreichen die Bedeutung von Künstlicher Intelligenz im Bildungsbereich und bieten eine Grundlage für zukünftige Entwicklungen und Anwendungen im Bereich des adaptiven Lernens und der Lernanalytik (L. Chen, Chen, und Lin 2020; Costa u. a. 2021).

Wir schlagen deshalb einen integrierten und umfassenderen Begriff vor:

**AI Augmented Learning Analytics** ist die Praxis der kontinuierlichen Optimierung der individuellen Lernpfade mithilfe von KI-gestützter, intelligenter, adaptiver und effektiver Lernsysteme in Echtzeit mithilfe von Bio-Sensorik (Eye-Tracking, Bio-Feedback, etc.) und moderner Algorithmen.

Auf Grundlage dieses Begriffs laden wir zu einem gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekt ein, das die oben beschriebenen Evidenzlücken füllen und den Weg für zukünftige Anwendungen ebnen soll.

**Forschungsvorhaben 2:** Wir schlagen ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt zur Entwicklung eines KI-gestützten, adaptiven Lernsystems vor, welches in Echtzeit Lernanalysen durchführt und die entsprechenden Lernpfade individuell anpasst. Durch den Einsatz von Bio-Sensorik (Eye-Tracking etc.) und modernen Algorithmen sollen kognitive und emotionale Zustände der Lernenden erfasst und das Lernangebot entsprechend optimiert werden. Ziel ist es, die Effektivität dieses Systems empirisch zu validieren. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dazu dienen, adaptive Lerntechnologien weiterzuentwickeln und ihren Einsatz im Bildungssektor zu fördern.



## 4.4 Unified Data Management

Bei der Erhebung und Verarbeitung von personenbezogenen Daten geht es nicht nur um die bloße Erfüllung rechtlicher Rahmenbedingungen, sondern vielmehr sollten allgemeine ethische Überlegungen und Wertesysteme Beachtung finden. Hier ist große Sorgfalt geboten. Friedman und Kahn und später Hendry prägten den Begriff des *Value sensitive design (VSD)*, um diesem Anspruch ein theoretisch fundiertes Rahmenwerk zu geben. (Friedman, Hendry, und Borning 2017; Himma und Tavani 2008)

**Value Sensitive Design (VSD)** ist eine Praxis, die das Ziel hat, bei der Entwicklung von technischen Systemen, ethisch fundierte Werte zu beachten. (Borning und Muller 2012; Friedman, Hendry, und Borning 2017; Friedman u. a. 2013; Friedman und Hendry 2019; Himma und Tavani 2008)

*Privacy by Design (PbD)* ist eine wichtige Instanz des Value Sensitive Design und ein Ansatz aus dem Systems-Engineering, der ursprünglich von Ann Cavoukian geprägt wurde, der darauf abzielt Datensparsamkeit und Datenschutz von Anfang an in den Entwicklungsprozess von technischen Systemen zu implementieren. (Cavoukian 2011b, 2010) Privacy by Design basiert auf den folgenden 7 Prinzipien (Cavoukian 2011b, 2006, 2010):<sup>2</sup>

1. *Proaktion*: Datensparsamkeit und Datenschutz sollen proaktiv statt reaktiv; präventiv statt abhelfend umgesetzt werden.
2. *Standard*: Datensparsamkeit und Datenschutz sollen als Standardeinstellung (Default) umgesetzt werden;
3. *Einbettung*: Datensparsamkeit und Datenschutz sollen direkt in das Design von Systemen eingebettet werden;
4. *Ende-zu-Ende-Sicherheit*: Datensparsamkeit und Datenschutz sollen über den gesamten Daten-Lebenszyklus sichergestellt werden;
5. *Offenheit*: Datensparsamkeit und Datenschutz sollen bezüglich ihres Designs und deren Spezifikationen offen und transparent sein.
6. *Menschenzentriertheit*: Systeme sollen die Menschen respektieren und deren Privatsphäre schützen.

Auch wenn der PbD-Ansatz konzeptionelle Schwächen aufweist, so ist er doch ein wichtiger Meilenstein zum verantwortungsvollen Umgang mit personenbezogenen Daten. Eine direkte Entsprechung dieses Ansatzes gibt es im deutschen Raum nicht, wenngleich dieser natürlich in den Grundideen der General

---

<sup>2</sup>Übersetzung der Autoren vom Englischen ins Deutsche sowie wohlwollende inhaltliche Anpassung.

Data Protection Regulation (GDPR) der Europäischen Union (EU) (?), im Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) ([Bundesministerium der Justiz 2017](#)) beziehungsweise in der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) ([Europäische Union \(EU\) 2016](#)) fast vollständig aufgeht.

Die Schwierigkeit besteht darin, die komplexen ethischen, rechtlichen und technischen Interaktionen und Implikationen zu überblicken und entsprechende Entscheidungen zu treffen. Wir schlagen deshalb einen integrierten und umfassenden Begriff vor:

**Unified Data Management** ist eine Praxis der transparenten, kontinuierlichen Integration von a. ethisch fundierten Werten, b. rechtlichen Normen, c. technologischen (wie Ende-zu-Ende-Verschlüsselung) und d. sozialen Best Practices in der Planung, Ausführung und Auswertung aller Datenflüsse von personenbezogenen Daten in technischen Systemen.

Die konkreten Maßnahmen, die sich aus diesen drei miteinander synergetisch verknüpften Komponenten des Unified Data Management jeweils ergeben, sind:

1. **Ethisch fundierte Werte,**
2. **Rechtliche Normen,**
3. **Soziale und technologische Best Practices,**

die wir im Folgenden kurz skizzieren.

#### **4.4.1 Ethisch fundierte Werte**

1. *Ethikbeirat (External Ethics Advisory Board):*
  - a. Maßnahme: Frühzeitige und stetige Einrichtung eines unabhängigen, externen Ethikbeirats mit Expert:innen aus der Ethik, insbesondere der Technikethik und Technikfolgenabschätzung.
  - b. Ziel: Frühzeitige und stetige ethische Analyse von Projekten, um die Auswirkungen auf Privatsphäre und Autonomie der Lernenden zu bewerten.
  - c. Rechtsgrundlage: Empfehlungen zur ethischen Reflexion in der Forschung gemäß Erwägungsgrund 33 der DSGVO.
2. *Value-Sensitive Design (VSD):*
  - a. Maßnahme: Frühzeitige und stetige Integration von VSD-Prinzipien in den Entwicklungsprozess.

- b. Ziel: Sicherstellung der Einhaltung menschlicher Werte bei der Entwicklung und dem Betrieb technischer Systeme. (Friedman und Hendry 2019)

#### 4.4.2 Rechtliche Normen

1. *Rechtsbeirat (External Legal Advisory Board):*
  - a. Maßnahme: Frühzeitige und stetige Einrichtung eines unabhängigen, externen Rechtsbeirats mit Rechtsexpert:innen zur Überwachung der Compliance.
  - b. Ziel: Sicherstellung der Einhaltung des EU AI Act, der DSGVO, des BDSG und des UrhG.
  - c. Rechtsgrundlage: Artikel 39 DSGVO.
2. *Schutz personenbezogener Daten:*
  - a. Maßnahme: Implementierung robuster Sicherheitsprotokolle.
  - b. Ziel: Schutz sensibler personenbezogener Daten.
  - c. Rechtsgrundlage: Artikel 9 und 32 DSGVO.
3. *Algorithmische Transparenz (Open Source):*
  - a. Maßnahme: Offenlegung der Funktionsweise eingesetzter Algorithmen.
  - b. Ziel: Gewährleistung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit bei Entscheidungsprozessen.
  - c. Rechtsgrundlage: Artikel 13 Abs. 2f DSGVO.
4. *Informierte Einwilligung (Informed Consent):*
  - a. Maßnahme: Einholung der ausdrücklichen Einwilligung der Nutzer:innen
  - b. Ziel: Bereitstellung klarer, verständlicher Informationen und Sicherstellung der freiwilligen Zustimmung.
  - c. Rechtsgrundlage: Artikel 7 und 12 DSGVO.
5. *Data Governance:*
  - a. Maßnahme: Etablierung eines umfassenden Data Governance Frameworks.
  - b. Ziel: Festlegung von Richtlinien und Verantwortlichkeiten für den Umgang mit Daten.

- c. Rechtsgrundlage: Artikel 24 DSGVO.

#### **4.4.3 Soziale und technologische Best Practices**

1. *Technologiebeirat (External Technology Advisory Board):*
  - a. Maßnahme: Frühzeitige und stetige Einrichtung eines unabhängigen, externen Technologiebeirats mit Expert:innen aus dem Bereich Soziologie, Data Science und Informatik.
  - b. Ziel: Sicherstellung der Einhaltung von Best Practices und strategische Zukunftsausrichtung.
  - c. Rechtsgrundlage: Da es bis dato keine regulatorischen Anforderungen für einen solchen Beirat gibt, gehen wir hier bewusst und proaktiv über die bisherigen rechtlichen Anforderungen hinaus.
2. *Datenminimierung:*
  - a. Maßnahme: Erhebung nur notwendiger Daten.
  - b. Ziel: Vermeidung unnötiger Datenverarbeitung durch konsequente Datensparsamkeit.
  - c. Rechtsgrundlage: Artikel 5 Abs. 1c.
3. *Edge Computing:*
  - a. Maßnahme: Speicherung und Verarbeitung personenbezogener Daten findet ausschließlich auf den Endgeräten der Nutzer:innen statt.
  - b. Ziel: Minimierung von möglichen Datenübertragungen und Erhöhung der Datensouveränität.
4. *Non-Disclosure by Default:*
  - a. Maßnahme: Die Veröffentlichungshoheit personenbezogener Daten liegt standardmäßig ausschließlich bei den Nutzer:innen. Die Daten unserer Nutzer:innen werden niemals von uns veröffentlicht.
  - b. Ziel: Minimierung möglicher ungewollter Datenveröffentlichungen.
5. *Anonymisierung:*
  - a. Maßnahme: Konsequente Anwendung von Techniken zur Anonymisierung oder Pseudonymisierung.
  - b. Ziel: Konsequenter Schutz der Identität der Nutzer:innen bei allen Datenanalysen.
  - c. Rechtsgrundlage: Artikel 4 Nr. 5 DSGVO.

6. *Verschlüsselung:*

- a. Maßnahme: Konsequenter Einsatz starker, moderner Verschlüsselungstechnologien wie beispielsweise homomorpher Verschlüsselung.
- b. Ziel: Sicherung von Daten bei Speicherung, Verarbeitung und Übertragung.
- c. Rechtsgrundlage: Artikel 32 Abs. 1 DSGVO.

7. *Data Excellence:*

- a. Maßnahme: Implementierung von automatisierten Prozessen für Datenqualität, -integrität und -verantwortung.
- b. Ziel: Sicherstellung eines konsistenten und verantwortungsvollen Datenmanagements. Sicherstellung der FAIR-Prinzipien. ([Bundesdruckerei 2024](#))

8. *Distributed Ledger Technologies (DLT), Blockchain:*

- a. Maßnahme: Konsequente Integration moderner Distributed Ledger Technologies zum dezentralisierten Trusted Timestamping (nicht nur zu Zertifizierungszwecken).
- b. Ziel: Ausfallsichere, fälschungssichere, transparente und stufenlose, nachvollziehbare Zertifizierungssysteme für alle Bildungsabschlüsse.

9. *Sensibilisierung:*

- a. Maßnahme: Regelmäßige Sicherheitsschulungen und Sensibilisierungen aller Mitarbeitenden.
- b. Ziel: Förderung des Verantwortungsbewusstseins bezüglich Datenschutz und Datensicherheit.

10. *Sicherheitsprüfungen:*

- a. Maßnahme: Durchführung von regelmäßigen externen Audits und Penetrationstests.
- b. Ziel: Frühzeitige Identifizierung und Behebung von möglichen Sicherheitslücken.

Auf Grundlage dieses Unified Data Management Frameworks laden wir zu einem gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekt ein das die oben beschriebenen Dokumentationslücken füllen und fehlende, ethisch fundierte, sozio-technologische Best Practices etablieren soll.

**Forschungsvorhaben 3:** Wir laden dazu ein, dieses *Unified Data Management Framework* in zukünftigen gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekten zu implementieren und dessen Effektivität empirisch zu prüfen.

## 5 Ausblick

Der vorliegende Ansatz von **Smart Skilling** eröffnet vielfältige Perspektiven für die zukünftige Gestaltung von Lern- und Arbeitswelten. Durch die Integration von AI Augmented Learning and Development, AI Augmented Learning Analytics und Unified Data Management können nicht nur individuelle Lernpfade optimiert, sondern auch neue Standards für den verantwortungsvollen Umgang mit Daten gesetzt werden. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten darauf abzielen, diese Konzepte weiterzuentwickeln und in verschiedenen Bildungsbereichen zu implementieren. Dabei ist eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Bildungsinstitutionen, Technologieunternehmen und regulatorischen Behörden essenziell. Nur so können wir sicherstellen, dass technologische Innovationen im Bildungssektor nicht nur effektiv, sondern auch ethisch und rechtlich einwandfrei sind. Letztendlich streben wir an, eine Bildungslandschaft zu schaffen, die sowohl innovativ als auch inklusiv ist und die Lernenden befähigt, den Herausforderungen einer dynamischen und digitalen Welt erfolgreich zu begegnen.



Die Einbeziehung [von KI] (in die Personalentwicklungsstrategie) ist schon in Umsetzung: Mit strategisch abgeleiteten Zielsetzungen, entsprechender Definition von Schulungsbedarfen hin zur Validierung mit den künftig erwarteten Entwicklungen.«

— **Dr. Ingo W. Marfording**

Head of Legal, Compliance, Human Resources & Corporate at Sopra Steria SE

Das Fraunhofer IRB baut zurzeit ein **Smart Skilling Lab** in Stuttgart auf. In diesem Smart Skilling Lab werden uns und unseren Partner Cutting-Edge-Technologien zur Verfügung stehen, um in geeigneten, modernen

Räumlichkeiten die **Zukunft des Lernens** zu erforschen und zu entwickeln. Außerdem wird das Smart Skilling Lab als Reallabor fungieren, in welchem nicht nur Experimente und Data Science stattfinden, sondern auch ein Austausch zwischen allen Stakeholdern in hybriden Umgebungen möglich ist.

Wir laden akademische, unternehmerische und politische Partner dazu ein, sich unseren Forschungsvorhaben anzuschließen, um gemeinsam **die Zukunft unserer Lern- und Arbeitswelten** proaktiv zu gestalten.

## 6 Quellen

- Akçayır, Murat, und Gökçe Akçayır. 2017. „Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature“. *Educational Research Review* 20 (Februar): 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.
- Al-aqbi, Asst. Lecturer. Talib Qasim Ali, Asst. Lecturer. Ahmed Yousif Falih, Asst. Lecturer. Basma Jumaa Saleh, Eng. Nadia Muwafaq Al-juaifari, und Eng. Lamees Abdulhassan. 2019. „The Effect of the Intelligent Tutoring Systems on the Education“. *JIR*, Nr. 27, 27 (August): 698–83. <https://doi.org/10.36302/jir.v0i27.32>.
- ANTHROPIC. 2024. „Claude“. 2024. <https://www.anthropic.com/claude>.
- Baker, Ryan S. J. d, und Kalina Yacef. 2009. „The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions“. *Journal of Educational Data Mining* 1 (1, 1): 3–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3554657>.
- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. 2024. „Bayerisches Staatsministerium Für Unterricht Und Kultus“. 2024. <https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/kuenstliche-intelligenz/lernen-mit-ki>.
- Borning, Alan, und Michael Muller. 2012. „Next Steps for Value Sensitive Design“. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1125–34. CHI '12. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2207676.2208560>.
- Bundesdruckerei. 2024. „Was sind FAIR Digital Objects?“ 2024. <https://www.bundesdruckerei.de/de/innovation-hub/was-sind-fair-digital-objects>.
- Bundesministerium der Justiz. 2017. *Bundesdatenschutzgesetz*. [https://www.gesetze-im-internet.de/bdsg\\_2018/](https://www.gesetze-im-internet.de/bdsg_2018/).
- . 2024. „Künstliche Intelligenz Und Urheberrecht - Fragen Und Antworten -“. März 2024. [https://www.bmj.de/SharedDocs/Downloads/DE/TheMen/Nav\\_Themen/240305\\_FAQ\\_KI\\_Urheberrecht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmj.de/SharedDocs/Downloads/DE/TheMen/Nav_Themen/240305_FAQ_KI_Urheberrecht.pdf?__blob=publicationFile&v=2).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2023. „BMBF-Aktionsplan „Künstliche Intelligenz“ - BMBF“. Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF. 7. November 2023. <https://www.bmbf.de/bmbf/de/fo>

- rschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/kuenstliche-intelligenz/ki-aktionsplan.html.
- Buttarelli, Giovanni. 2019. *Data Protection and Privacy: The Internet of Bodies*. Hart Publishing. <https://doi.org/10.5040/9781509926237>.
- Cavoukian, Ann. 2006. „Privacy by Design The 7 Foundational Principles Implementation and Mapping of Fair Information Practices“. Ontario, Canada. [https://iapp.org/media/pdf/resource\\_center/pbd\\_implement\\_7found\\_principles.pdf](https://iapp.org/media/pdf/resource_center/pbd_implement_7found_principles.pdf).
- . 2010. „Privacy by Design: The Definitive Workshop. A Foreword by Ann Cavoukian, Ph.D“. *Identity in the Information Society* 3 (2, 2): 247–51. <https://doi.org/10.1007/s12394-010-0062-y>.
- . 2011a. „The 7 Foundational Principles Implementation and Mapping of Fair Information Practices“.
- . 2011b. „Privacy by Design in Law, Policy and Practice: A White Paper for Regulators, Decision-makers and Policy-makers“. Ontario, Canada. <https://gpsbydesigncentre.com/wp-content/uploads/2022/02/312239.pdf>.
- Chen, Lijia, Pingping Chen, und Zhijian Lin. 2020. „Artificial Intelligence in Education: A Review“. *IEEE Access* 8: 75264–78. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>.
- Chen, Xieling, Di Zou, Haoran Xie, und Fu Lee Wang. 2021. „Past, Present, and Future of Smart Learning: A Topic-Based Bibliometric Analysis“. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 18 (1, 1): 2. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00239-6>.
- Cheung, Simon K. S., Fu Lee Wang, und Lam For Kwok. 2021. „The Continuous Pursuit of Smart Learning“. *Australasian Journal of Educational Technology* 37 (2, 2): 1–6. <https://doi.org/10.14742/AJET.7207>.
- Commission, European. 2024. „AI Act | Shaping Europe’s Digital Future“. 19. November 2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>.
- Conroy, Gemma, Hepeng Jia, Benjamin Plackett, und Andy Tay. 2020. „Six Researchers Who Are Shaping the Future of Artificial Intelligence“. *Nature* 588 (7837, 7837): S114–17. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-03411-0>.
- Costa, Rebeca Soler, Qing Tan, Frédérique Pivot, Xiaokun Zhang, und Harris Wang. 2021. „Personalized and Adaptive Learning: Educational Practice and Technological Impact“.
- Crompton, Helen, und Diane Burke. 2023. „Artificial Intelligence in Higher Education: The State of the Field“. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 20 (1, 1): 22. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>.
- Das europäische Parlament und der Rat der europäischen Union. 2024. „VERORDNUNG (EU) 2024/1689 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES“. 13. Juni 2024. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ%3AL\\_202401689](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ%3AL_202401689).



- Dron, Jon. 2018. „Smart Learning Environments, and Not so Smart Learning Environments: A Systems View“. *Smart Learning Environments* 5 (1, 1): 25. <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0075-9>.
- EU-Kommission. 2024a. „Erwägungsgrund 105“. 2024. <https://artificialintelligenceact.eu/de/recital/105/>.
- . 2024b. „Erwägungsgrund 107“. 2024. <https://artificialintelligenceact.eu/de/recital/107/>.
- EUR-Lex. 2016. „Verordnung (EU) 2016/679 Des Europäischen Parlaments Und Des Rates Vom 27. April 2016 Zum Schutz Natürlicher Personen Bei Der Verarbeitung Personenbezogener Daten, Zum Freien Datenverkehr Und Zur Aufhebung Der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung) (Text von Bedeutung Für Den EWR)Text von Bedeutung Für Den EWR“. 2016. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/2016-05-04/deu>.
- Europäische Kommission. 2019. „Ethikleitlinien für vertrauenswürdige KI | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas“. 8. April 2019. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.
- Europäische Union (EU). 2016. *Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO): Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung) (Text von Bedeutung für den EWR)Text von Bedeutung für den EWR*. <http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/2016-05-04/deu>.
- European Commission, IP Helpdesk. 2024. „Artificial Intelligence and Copyright: Use of Generative AI Tools to Develop New Content - European Commission“. 2024. [https://intellectual-property-helpdesk.ec.europa.eu/news-events/news/artificial-intelligence-and-copyright-use-generative-ai-tools-develop-new-content-2024-07-16-0\\_en](https://intellectual-property-helpdesk.ec.europa.eu/news-events/news/artificial-intelligence-and-copyright-use-generative-ai-tools-develop-new-content-2024-07-16-0_en).
- European Union, EUR-Lex. 2024a. „Regulation - 2016/679 - EN - Gdpr - EUR-Lex“. 2024. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>.
- . 2024b. „Regulation - EU - 2024/1689 - EN - EUR-Lex“. 2024. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>.
- Falhs, Ann-Christin, Astrid Wichmann, Nikol Rummel, und Center of Advanced Internet Studies. 2023. „Lernpfade (digital) begleiten: Intelligente Tutorielle Systeme » Lamarr-Blog“. 27. September 2023. <https://lamarr-institute.org/de/blog/ki-bildung-intelligente-tutorielle-systeme/>.
- Ferguson, Rebecca. 2012. „Learning Analytics: Drivers, Developments and Challenges“. *International Journal of Technology Enhanced Learning* 4 (5/6, 5/6): 304–17. <http://www.inderscience.com/info/ingeneral/forthcoming.php?jcode=ijtel>.
- Fraunhofer IKS. 2024. „Künstliche Intelligenz: Forschung am Fraunhofer IKS - Fraunhofer IKS“. Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS. 2024. <https://www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz/kuenstliche-intelligenz-forschung.html>.

- Friedman, Batya, und David G. Hendry. 2019. *Value Sensitive Design: Shaping Technology with Moral Imagination*. MIT Press. <https://books.google.com?id=uZiWDwAAQBAJ>.
- Friedman, Batya, David G. Hendry, und Alan Borning. 2017. „A Survey of Value Sensitive Design Methods“. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction* 11 (2, 2): 63–125. <https://doi.org/10.1561/1100000015>.
- Friedman, Batya, Peter H. Kahn, Alan Borning, und Alina Huldgtren. 2013. „Value Sensitive Design and Information Systems“. In *Early Engagement and New Technologies: Opening up the Laboratory*, herausgegeben von Neelke Doorn, Daan Schuurbijs, Ibo van de Poel, und Michael E. Gorman, 55–95. Dordrecht: Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7844-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7844-3_4).
- Füller, Christian. 2024. „KI an Schulen: Bayern rüstet Schulen für KI auf – auch ohne Digitalpakt“. *Die Zeit*, 17. Mai 2024. <https://www.zeit.de/gesellschaft/schule/2024-05/kuenstliche-intelligenz-schulen-bayern-digitalisierungsbildungssystem-fobizz>.
- Future of Life Institute. 2024. „The AI Act | EU Artificial Intelligence Act“. 2024. <https://artificialintelligenceact.eu/>.
- Gašević, Dragan, Shane Dawson, und George Siemens. 2015. „Let’s Not Forget: Learning Analytics Are about Learning“. *TechTrends* 59 (1, 1): 64–71. <https://doi.org/10.1007/s11528-014-0822-x>.
- Gauth. 2024. „Gauth: Elevate Your Learning with the Best AI Homework Helper - Formerly Known as Gauthmath.“ Gauth. 2024. <https://www.gauthmath.com/aboutus>.
- GDPR.eu. 2024. „General Data Protection Regulation (GDPR) Compliance Guidelines“. GDPR.eu. 2024. <https://gdpr.eu/>.
- Gomes, Ben. 2024. „How Generative AI Expands Curiosity and Understanding with LearnLM“. Google. 14. Mai 2024. <https://blog.google/outreach-initiatives/education/google-learnlm-gemini-generative-ai/>.
- Google. 2024a. „Google Learning - Digital Learning Tools & Solutions“. 2024. <https://learning.google/>.
- . 2024b. „Learn About“. 2024. <https://learning.google.com/experiments/learn-about/signup>.
- Google DeepMind. 2024. „Gemini“. 14. Mai 2024. <https://deepmind.google/technologies/gemini/>.
- Grace, Katja, Harlan Stewart, Julia Fabienne Sandkühler, Stephen Thomas, Ben Weinstein-Raun, und Jan Brauner. 2024. „Thousands of AI Authors on the Future of AI“. 30. April 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.02843>.
- Graesser, Arthur C. 2016. „Conversations with AutoTutor Help Students Learn“. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 26 (1, 1): 124–32. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0086-4>.
- Hall, Stephen, Dirk Schmutzter, Safia Tmiri, Hibatalla Ibrahim, Emma Dorn, und Shajia Sarfraz. 2023. „The Skills Revolution and the Future of Learning

- and Earning". <https://www.mckinsey.com/industries/education/our-insights/the-skills-revolution-and-the-future-of-learning-and-earning#/>.
- Himma, Kenneth Einar, und Herman T Tavani. 2008. *Handbook of Information and Computer Ethics*.
- Januszewski, Alan, und Michael Molenda. 2013. *Educational Technology*. [https://www.academia.edu/106539511/Educational\\_technology\\_a\\_definition\\_with\\_commentary\\_ALAN\\_JANUSZEWSKI\\_MICHAEL\\_MOLENDA](https://www.academia.edu/106539511/Educational_technology_a_definition_with_commentary_ALAN_JANUSZEWSKI_MICHAEL_MOLENDA).
- Justiz, Bundesministerium der. 2024. „Gesetz Über Urheberrecht Und Verwandte Schutzrechte (Urheberrechtsgesetz)“. 2024. <https://www.gesetze-im-internet.de/urhg/>.
- Kultusministerkonferenz. 2024. „Vorausberechnung Der Zahlen Der Schüler/-Innen Und Absolvierenden“. November 2024. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok\\_242\\_Vorausberechnung\\_Schueler\\_Abs\\_2023\\_2035.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok_242_Vorausberechnung_Schueler_Abs_2023_2035.pdf).
- Liao, Rita. 2024. „AI Tutors Are Quietly Changing How Kids in the US Study, and the Leading Apps Are from China“. TechCrunch. 25. Mai 2024. <https://techcrunch.com/2024/05/25/ai-tutors-are-quietly-changing-how-kids-in-the-us-study-and-the-leading-apps-are-from-china/>.
- Lin, Chien-Chang, Anna Y. Q. Huang, und Owen H. T. Lu. 2023. „Artificial Intelligence in Intelligent Tutoring Systems toward Sustainable Education: A Systematic Review“. *Smart Learning Environments* 10 (1, 1): 41. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00260-y>.
- Long, Phil, und George Siemens. 2011. „Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education“.
- Mah, Dana-Kristin, und Cordula Torner. 2022. „Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Fellowship-Programm des KI-Campus“.
- Makransky, Guido, und Lau Lilleholt. 2018. „A Structural Equation Modeling Investigation of the Emotional Value of Immersive Virtual Reality in Education“. *Educational Technology Research and Development* 66 (5, 5): 1141–64. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2>.
- Mascarenhas, Natasha. 2020. „To Win Post-Pandemic, Edtech Needs to Start Thinking Big“. TechCrunch. 22. Dezember 2020. <https://techcrunch.com/2020/12/22/to-win-post-pandemic-edtech-needs-to-start-thinking-big/>.
- Mastellos, Nikolaos, Tammy Tran, Kanika Dharmayat, Elizabeth Cecil, Hsin-Yi Lee, Cybele C. Peng Wong, Winnie Mkandawire, u. a. 2018. „Training Community Healthcare Workers on the Use of Information and Communication Technologies: A Randomised Controlled Trial of Traditional versus Blended Learning in Malawi, Africa“. *BMC Medical Education* 18 (1, 1): 61. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1175-5>.
- McKinsey. 2023. „The Future of Learning in MENA | McKinsey“. 2023. <https://www.mckinsey.com/industries/education/our-insights/the-skills-revolution-and-the-future-of-learning-and-earning#/>.
- Merchant, Zahira, Ernest T. Goetz, Lauren Cifuentes, Wendy Keeney-Kennicutt, und Trina J. Davis. 2014. „Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction

- on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis". *Computers & Education* 70 (Januar): 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>.
- Meta. 2024a. „Llama 3.2“. Meta Llama. 2024. <https://www.llama.com/>.
- . 2024b. „Meta Llama 3“. Meta Llama. 2024. <https://llama.meta.com/llama3/>.
- Miah, Shah J., Muhammed Miah, und Jun Shen. 2020. „Editorial Note: Learning Management Systems and Big Data Technologies for Higher Education“. *Education and Information Technologies* 25 (2, 2): 725–30. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10129-z>.
- Mirrlees, Tanner, und Shahid Alvi. 2019. *EdTech Inc.: Selling, Automating and Globalizing Higher Education in the Digital Age*. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429343940>.
- OECD. 2018. „Future of Education and Skills 2030“. OECD. 2018. <https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html>.
- OpenAI. 2024. „OpenAI“. 2024. <https://openai.com/>.
- Parliament, European. 2023. „EU AI Act: First Regulation on Artificial Intelligence“. Topics | European Parliament. 6. August 2023. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence>.
- Patel, Nilay. 2024. „Duolingo CEO Luis von Ahn Thinks AI Has a Lot to Teach Us“. The Verge. 14. Oktober 2024. <https://www.theverge.com/24267841/luis-von-ahn-duolingo-owl-language-learning-gamification-generative-ai-android-decoder>.
- Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL LAYING DOWN HARMONISED RULES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ARTIFICIAL INTELLIGENCE ACT) AND AMENDING CERTAIN UNION LEGISLATIVE ACTS*. 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0206>.
- Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. „A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda“. *Computers & Education* 147 (April): 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
- Romero, C., und S. Ventura. 2020. „Educational Data Mining and Learning Analytics: An Updated Survey“. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 10 (3, 3): e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>.
- Sanfilippo, Filippo, Tomas Blazauskas, Gionata Salvietti, Isabel Ramos, Silviu Vert, Jaziar Radianti, Tim Majchrzak, und Daniel Oliveira. 2022. „A Perspective Review on Integrating VR/AR with Haptics into STEM Education for Multi-Sensory Learning“. *Robotics* 11 (2, 2): 41. <https://doi.org/10.3390/robotics11020041>.
- Schleiss, Johannes, Dana-Kristin Mah, Katrin Böhme, David Fischer, Janne Mesenhöller, Benjamin Paaßen, Sabrina Schork, und Johannes Schrumpf.

2023. „Künstliche Intelligenz in der Bildung. Drei Zukunftsszenarien und fünf Handlungsfelder“. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7702620>.
- Shum, Simon Buckingham, und Rebecca Ferguson. 2012. „Social Learning Analytics“. *Journal of Educational Technology & Society* 15 (3, 3): 3–26. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.15.3.3>.
- Siemens, George. 2013. „Learning Analytics: The Emergence of a Discipline“. *American Behavioral Scientist* 57 (10, 10): 1380–400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>.
- SoLAR. 2024a. „International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK)“. Society for Learning Analytics Research (SoLAR). 2024. <https://www.solaresearch.org/events/lak/>.
- . 2024b. „Learning Analytics Is What We Do“. Society for Learning Analytics Research (SoLAR). 2024. <https://www.solaresearch.org/>.
- . 2024c. „What Is Learning Analytics“. Society for Learning Analytics Research (SoLAR). 2024. <https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/>.
- . 2024d. „What Is Learning Analytics - Society for Learning Analytics Research (SoLAR)“. 2024. <https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/>.
- Stanford University. 2024. „STORM“. Co-STORM. 2024. <https://storm.genie.stanford.edu/>.
- STMD Bayern. 2024. „Bayerisches Digitalministerium“. Künstliche Intelligenz. 2024. <https://www.stmd.bayern.de/themen/kuenstliche-intelligenz/>.
- StudySmarter. 2024. „Intelligente Tutoring Systeme: Tipps & Tricks“. StudySmarter. 2024. <https://www.studysmarter.de/studium/informatik-studium/kuenstliche-intelligenz-studium/intelligente-tutoring-systeme/>.
- Susnjak, Teo, Gomathy Suganya Ramaswami, und Anuradha Mathrani. 2022. „Learning Analytics Dashboard: A Tool for Providing Actionable Insights to Learners“. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 19 (1, 1): 12. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00313-7>.
- TechTrends. 2008. „Reflections on the 2008 AECT Definitions of the Field“. *TechTrends* 52 (1, 1): 24–25. <https://doi.org/10.1007/s11528-008-0108-2>.
- The Princeton Review. 2024. „Intelligent Tutoring Systems: Enhancing Learning Through AI | The Princeton Review“. 2024. <https://www.princetonreview.com/ai-education/intelligent-tutoring-systems>.
- Thetawise. 2024. „Thetawise“. 2024. <https://thetawise.ai/>.
- TopAI.tools. 2024. „TutorAI“. 2024. <https://topai.tools/t/tutorai>.
- UNESCO. 2023a. „Die UNESCO-Empfehlung Zur Ethik Der Künstlichen Intelligenz: Wegweiser Für Die Gestaltung Unserer Zukunft“. April 2023. [https://www.unesco.de/sites/default/files/2023-08/DUK\\_Broschuere\\_KI\\_A5\\_DE\\_web\\_02.pdf](https://www.unesco.de/sites/default/files/2023-08/DUK_Broschuere_KI_A5_DE_web_02.pdf).
- . 2023b. „Technology in Education: GEM Report 2023 | Global Education Monitoring Report“. 25. Juli 2023. <https://www.unesco.org/gem-report/en/technology>.

- . 2023c. *Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education: A Tool on Whose Terms?* 1. Aufl. GEM Report UNESCO. <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>.
- Wikipedia. 2024a. „Intelligent Tutoring System“. In *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligent\\_tutoring\\_system&oldid=1209130356](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligent_tutoring_system&oldid=1209130356).
- Wikipedia. 2024b. „Educational Technology“. In *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Educational\\_technology&oldid=1260796919](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Educational_technology&oldid=1260796919).
- Witt, Claudia de, Christina Gloerfeld, und Silke Elisabeth Wrede. 2023. *Künstliche Intelligenz in Der Bildung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Woo, Stu. 2017. „What’s Better in the Classroom—Teacher or Machine?“ *Wall Street Journal: Tech*, 30. Januar 2017. <http://www.wsj.com/articles/whats-better-in-the-classroomteacher-or-machine-1485772201>.

## Impressum

### White Paper

Smart Skilling: Lernen der Zukunft: AI Augmented Learning and Development, Learning Analytics, Unified Data Management  
Stuttgart, 2024-11-11

### Kontakt

Martin Maga  
Data Insights Team  
Transformation Innovation Center (TIC)  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau (Fraunhofer IRB)  
+497119702990  
[martin.maga@irb.fraunhofer.de](mailto:martin.maga@irb.fraunhofer.de)  
<https://irb.fraunhofer.de/de/leistungen/transformation.html>

### Organisation

**Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau (Fraunhofer IRB)**  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Germany

### Redaktion

Martin Maga

### Satz und Layout

Martin Maga

### Digital Object Identifier (DOI)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14501872>

### Copyright

© Copyright Fraunhofer IRB 2024

Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons „Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International“](#) Lizenz.

