

Rashid, Sheikh Faisal; Reichow, Insa; Blanc, Berit; mmb Institut GmbH
Standards für Künstliche Intelligenz im Bildungsbereich. Ein Dossier im Rahmen des INVITE-Wettbewerbs

Berlin 2023, 33 S.



Quellenangabe/ Reference:

Rashid, Sheikh Faisal; Reichow, Insa; Blanc, Berit; mmb Institut GmbH: Standards für Künstliche Intelligenz im Bildungsbereich. Ein Dossier im Rahmen des INVITE-Wettbewerbs. Berlin 2023, 33 S. - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-269218 - DOI: 10.25656/01:26921

<https://doi.org/10.25656/01:26921>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work or its contents. You are not allowed to alter, transform, or change this work in any other way.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft



Sheikh Faisal Rashid, Insa Reichow & Berit Blanc

Standards für Künstliche Intelligenz im Bildungsbereich

Ein Dossier im Rahmen des INVITE-Wettbewerbs

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bundesinstitut für
Berufsbildung

Impressum

Dr. Sheikh Faisal Rashid, Dr. Insa Reichow und Dr. Berit Blanc

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)

Alt-Moabit 91c

10559 Berlin

Gemeinsame Kontaktadresse der Autor_innen: invite@mmb-institut.de

Dieses Dossier ist im Rahmen des Innovationswettbewerbs INVITE im Projekt „INVITE-Meta“ entstanden.

Danksagung

Wir möchten uns herzlich bei allen weiteren Personen bedanken, die sich an der Ausarbeitung und Kommentierung dieses Dossiers beteiligt haben. Dazu gehören insbesondere alle weiteren Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des Projekts INVITE-Meta: Prof. Dr. Niels Pinkwart, Prof. Dr. Christian Kellermann, Dr. Lutz Goertz, Monica Hochbauer, Katja Buntins und Dr. Ulrich Schmid.

Zitiervorschlag:

Rashid, S. F., Reichow, I., Blanc, B. (2023). Standards für Künstliche Intelligenz im Bildungsbereich. Ein Dossier im Rahmen des Innovationswettbewerbs INVITE. Berlin.

1. Auflage 2023

Juli 2023



Herausgeber

Deutsches Forschungszentrum

für Künstliche Intelligenz GmbH

Alt-Moabit 91c

10559 Berlin

CC Lizenz

Dieses Werk ist lizenziert unter einer CC BY-NC-ND 4.0 Lizenz

(Namensnennung – Keine kommerzielle Nutzung – Keine Bearbeitung

– 4.0 International). Weitere Informationen finden Sie auf der Creative-

Commons-Webseite: <https://creativecommons.org/licenses/>

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung	4
1 Relevanz, Ziel und Struktur des Dossiers	5
2 Standardisierung im Bereich Künstlicher Intelligenz	7
2.1 Begriff der Künstlichen Intelligenz	7
2.2 Klärung des Begriffs „Standard“	7
2.3 Standardisierungsorganisationen und -aktivitäten im Bereich KI	8
2.4 Recherche von KI-Standards	10
3 KI-Standards für Bildung und Weiterbildung	12
3.1 KI-Anwendungen im Bildungsbereich und ethische Bedenken	12
3.2 Ausgewählte Themenbereiche der KI-Standardisierung mit besonderer Relevanz für den Bildungsbereich	14
Datenstandards	15
Methodische Standards	15
Standards zu Sicherheit und Risikomanagement	15
Standards zu Ethik, Erklärbarkeit und Mensch-Computer-Interaktion	16
Governance- und Qualitätsstandards	16
3.3 Ausgewählte KI-Standards für die allgemeine und berufliche Bildung	17
4 Literaturverzeichnis	26
5 Anhang	30

Kurzzusammenfassung

An wen richtet sich dieses Dossier?

Dieses Dossier richtet sich explizit an Entwickler_innen und andere Personen, die an der Gestaltung und Entwicklung von KI-gestützten Bildungssystemen beteiligt sind. Es bietet einen Überblick über bestehende KI-Standardisierungsaktivitäten und -akteure mit dem Fokus auf die allgemeine und berufliche Bildung. Darüber hinaus identifiziert das Dossier systematisch jene KI-Standards, die bei der Entwicklung KI-basierter Anwendungen in der (beruflichen Weiter-)Bildung unterstützen können.

Auf welchen Quellen basiert dieses Dossier?

Das Dossier knüpft an das 2021 von INVITE-Meta erarbeitete Dossier „Standards und Empfehlungen zur Umsetzung digitaler Weiterbildungsplattformen in der beruflichen Bildung“ (Reichow et al., 2021) an und fokussiert nunmehr explizit Standards für Künstliche Intelligenz. Der hier vorgelegte Überblick über verfügbare KI-Standards sowie die Liste relevanter KI-Standards für die allgemeine und berufliche Bildung basieren auf einer systematischen Überprüfung von Standards für die Schlüsselbereiche von KI nach bildungsspezifischen Gesichtspunkten.

Was steht in diesem Dossier?

Das vorliegende Dossier beleuchtet den Einsatz von KI-Standards in der Bildung aus technischer und ethischer Perspektive. Es gibt nach einer kurzen Begriffsbestimmung zu KI und Standards einen Überblick über Organisationen und Aktivitäten im Bereich der KI-Standards-Entwicklung (Kapitel 2). Anschließend werden in Kapitel 3 die verfügbaren KI-Standards nach ihrer Verwendbarkeit für Anwendungsfälle in der Bildung kategorisiert. Das Dossier schließt mit einer Liste von 24 KI-Standards in fünf Kategorien, die bei der Entwicklung und Implementierung von KI-gestützten Bildungsplattformen relevant und potenziell hilfreich sein können (Kapitel 3.3).

1 Relevanz, Ziel und Struktur des Dossiers

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) ist in zahlreichen Branchen mittlerweile allgegenwärtig. Auch für den Bildungs- und Weiterbildungssektor wird ein weitreichender Einsatz von KI-gestützten Anwendungen zur Verbesserung der Lehr- und Lernqualität erwartet (Pedró et al., 2019). Es gibt zahlreiche potenzielle Anwendungen von KI in der allgemeinen und beruflichen Bildung. Bildungseinrichtungen können KI nutzen, um geeignete Kurse zu empfehlen und Lernpfade adaptiv entsprechend den Marktanforderungen und den persönlichen Fähigkeiten festzulegen (Hemmler et al., 2022). Intelligente KI-basierte Tutoriensysteme können das Lernen personalisieren und den Unterricht optimieren (Weitekamp et al., 2020). KI kann außerdem bei der automatischen Benotung von Prüfungen oder Tests eingesetzt werden, um Lehrkräfte zu entlasten (Jyoti & Laxman, 2020).

Trotz der vielversprechenden Ansätze birgt der Einsatz von KI-basierten Bildungstechnologien potenziell mehrere Risiken, die berücksichtigt werden müssen. So sind die KI-Methoden, die in modernen Bildungstechnologien eingesetzt werden, häufig datengesteuert, d. h. sie nutzen eine Vielzahl persönlicher, verhaltensbezogener, pädagogischer, biometrischer oder interaktioneller Daten der Lernenden. Dies wirft ernste ethische Bedenken in Bezug auf den Datenschutz und -sicherheit auf: Wem gehören die Daten der Lernenden? Wer kann die Daten einsehen und nutzen? Und für welche Zwecke? Sind die erhobenen und verwendeten Daten von hoher Qualität und mit möglichst minimalen Bias? Und wie kann ein KI-Algorithmus so gestaltet werden, dass er beispielsweise in der automatisierten Prüfungsbewertung Diskriminierungen vermeidet? Darüber hinaus können die Ergebnisse von KI-Algorithmen aufgrund ihres Designs und ihrer Komplexität oft nur schwer nachvollziehbar sein und zu undurchsichtigen Entscheidungen führen (Khosravi et al., 2022).

Zur Überwindung solcher Grenzen und Risiken von KI-gestützten Anwendungen stellen Normen und Standards eine mögliche Hilfe dar, indem sie dazu beitragen, die Qualität, Zuverlässigkeit, Vertrauenswürdigkeit und Akzeptanz von KI-basierten Produkten in verschiedenen Anwendungsbereichen sicherzustellen. Insbesondere im Bereich der allgemeinen und beruflichen Bildung, wo KI-Anwendungen einen direkten Einfluss auf persönliche Karrierewege der Lernenden haben können, bieten KI-Standards einen Beitrag zur transparenten, erklärbaren, unvoreingenommenen, vertrauenswürdigen und sicheren Entwicklung von KI-Anwendungen. Dabei geschieht der Einsatz solcher Standards bislang meist auf freiwilliger Basis. Allerdings ist davon auszugehen, dass im Zusammenhang mit dem von der Europäischen Union vorgeschlagenen „Gesetz über künstliche Intelligenz“ (KI-Verordnung; AI ACT, 2021)¹ Normen und Standards für den KI-Bereich an Bedeutung gewinnen werden.

Der Bereich der KI-Standardisierung verhält sich gegenwärtig sehr dynamisch: Verschiedene Standardisierungsorganisationen (SOs) haben in den letzten Jahren Normen und Standards für KI entwickelt, und es werden immer noch neue Standards vorgeschlagen und erarbeitet. Die Standardisierungsbemühungen fokussieren dabei unterschiedliche Bereiche von Entwicklung und Einsatz Künstlicher Intelligenz.

Das vorliegende Dossier trägt bestehende sowie in Entwicklung befindliche Normen und Standards für die Schlüsselbereiche von KI zusammen und stellt sie unter bildungs-

¹ Der vollständige Titel lautet: Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für Künstliche Intelligenz (Gesetz über Künstliche Intelligenz) und zur Änderung bestimmter Rechtsakte der Union (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0206&from=DE>)

spezifischen Gesichtspunkten vor. Ziel ist es, Projekte zur Entwicklung KI-basierter Anwendungen in der (beruflichen Weiter-)Bildung bei der Suche nach passenden KI-Standards zu unterstützen.² Verspricht der Einsatz von Standards doch nicht nur eine Verbesserung der Produktqualität, sondern auch eine Erhöhung der Akzeptanz – und in einigen Fällen auch eine rechtliche Konformität.

Für die Erstellung einer Liste relevanter KI-Standards für die allgemeine und berufliche Bildung wurden folgende methodische Schritte vollzogen, anhand derer auch das Dossier gegliedert ist:

Schritt 1: Begriffsklärung und Sammlung von KI-Standards

- Klärung der Begriffe „Künstliche Intelligenz“ und „Standard“ (2.1 und 2.2)
- Übersicht über bestehende KI-Standardisierungsaktivitäten (2.3)
- Gezielte, systematische Suche nach KI-Normen, -Standards und -Spezifikationen von internationalen, europäischen und nationalen SOs (2.4)

Schritt 2: Identifikation relevanter und potenziell hilfreicher KI-Standards für die allgemeine und berufliche Bildung

- Betrachtung der Anwendungsbereiche und konkreten KI-gestützten Bildungstechnologien und Standards für KI-bezogene Risiken im Sinne der geplanten KI-Verordnung der Europäischen Union (Nativi & De Nigris, 2021) (3.1)
- Kategorisierung von KI-Standards in zentrale Themenbereiche mit einem Schwerpunkt auf technische und ethische KI-Standards (3.2)
- Auswahl und Kurzvorstellung potenziell hilfreicher Standards für die Themenbereiche Daten; KI-Methoden und -Algorithmen; Datenschutz und Sicherheit der KI; Ethik, Erklärbarkeit und Mensch-Computer-Interaktion sowie Governance und Qualität (3.3).

² Die Arbeit wurde im Rahmen des Projektes INVITE-Meta erstellt (www.mmb-insitut.de/invite/), welches den Erkenntnis- und Innovationsprozess in und zwischen den Projekten des Innovationswettbewerbs INVITE (Digitale Plattform berufliche Weiterbildung) systematisch unterstützt (<https://www.bibb.de/de/120851.php>). Im selben Projektkontext entstand bereits das Dossier „Standards und Empfehlungen zur Umsetzung digitaler Weiterbildungsplattformen in der beruflichen Bildung“, mit welchem ein Überblick über aktuelle Normen und Standards für die Konzeption, Implementierung und Weiterentwicklung digitaler Weiterbildungsplattformen vorgelegt wurde (Reichow, Hochbauer & Goertz, 2021). Das vorliegende Dossier fokussiert Standards für KI.

2 Standardisierung im Bereich Künstlicher Intelligenz

2.1 Begriff der Künstlichen Intelligenz

KI ist ein weit gefasster Begriff und es gibt zahlreiche und sich ständig wandelnde Definitionen von KI. Der Begriff wurde lange verwendet, um Maschinen oder Computersysteme zu beschreiben, die in der Lage sind, kognitive Aufgaben auszuführen, die mit „menschlicher Intelligenz“ in Verbindung gebracht werden, wie Wahrnehmung, logisches Denken, Lernen und Problemlösung. Diese Definition wird jedoch inzwischen von führenden KI-Forscher_innen abgelehnt, die KI eher im Sinne von Rationalität und rationalem Handeln beschreiben (Russell & Norvig, 2021). Laut dem aktuellen Entwurf der Norm ISO/IEC DIS 22989, ist KI *„eine Reihe von Methoden oder automatisierten Entitäten, die zusammen ein Modell aufbauen, optimieren und anwenden, so dass das System für eine bestimmte Reihe von vordefinierten Aufgaben Vorhersagen, Empfehlungen oder Entscheidungen berechnen kann. KI-Systeme sind so konzipiert, dass sie mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden arbeiten“* (eigene Übersetzung des englischsprachigen Originaltexts).

Im weitesten Sinne bezieht sich der Begriff KI auf technische Systeme, die sich intelligent verhalten (vgl. EU High Level Expert Group, 2019). In diesem Zusammenhang muss mit „intelligent“ nicht unbedingt menschliche Intelligenz gemeint sein, sondern ganz allgemein die Fähigkeit, mit einem gewissen Maß an Autonomie spezifische Ziele zu erreichen (McCarthy, 2007). Es gibt hunderte von verschiedenen Methoden, die unter dem Begriff KI subsumiert werden können. Diese Methoden werden häufig unter in die beiden Hauptkategorien „wissensbasierte bzw. symbolische KI“ und „statistische bzw. maschinelle KI“ unterteilt (EU High Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019).

2.2 Klärung des Begriffs „Standard“

Standards beschreiben, wie bestimmte sich wiederholt stellende Probleme (z. B. die Herstellung von Produkten oder das Durchführen eines bestimmten Prozesses) zu regeln sind. Sie reflektieren eine explizite oder implizite Vereinbarung, bestimmte Dinge auf einheitliche und anerkannte Weise zu tun (Farrell & Saloner, 1992; Stemmer & Goldacker, 2014).

Der Begriff des Standards kann dabei viele verschiedene Dinge umfassen: Ein Standard kann eine Norm einer Normungsinstitution (z. B. dem DIN) sein, ein Gremienstandard einer nicht staatlich autorisierten Organisation wie dem W3C, ein Industriestandard, auf den sich Hersteller geeinigt haben, aber auch eine gesetzliche Verordnung. In diesem Dossier wollen wir uns mit den Normen und Standards staatlich autorisierter Normungsorganisationen und nicht-staatlicher Gremien befassen. Der Einfachheit halber verwenden wir dabei im Folgenden ausschließlich den Begriff „Standard“ und knüpfen an die ausführlichere Begriffsbetrachtung im vorangegangenen Dossier über Standards zur Umsetzung digitaler Weiterbildungsplattformen an (Reichow et al., 2021).

Standards sind Referenzdokumente, die durch den Konsens einer Gemeinschaft in einem bestimmten Bereich oder für eine bestimmte Branche erstellt werden. Das Wissen in diesem Bereich wird von Expertinnen und Experten unterschiedlicher Interessensgruppen – die z. B. öffentliche oder private Organisationen repräsentieren und Forschende, Entwickelnde und Endnutzende in diesem Bereich umfassen – gesammelt, destilliert und aktualisiert, um die konkreten Definitionen, Regeln oder auch Vergleichsmaßstäbe für einen bestimmten Bereich

festzulegen³. Nach Angaben der Europäischen Kommission ist ein Standard definiert als: „eine technische Spezifikation, die von einem anerkannten Standardisierungsgremium zur wiederholten oder ständigen Anwendung genehmigt wurde und deren Einhaltung nicht zwingend vorgeschrieben ist“ (eigene Übersetzung, European Commission, 1998).

Standards können anhand ihrer geografischen Reichweite unterschieden werden:

- Internationaler Standard: ein Standard, der von einer internationalen Standardisierungsorganisation angenommen und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurde.
- Europäischer Standard: ein Standard, der von einer europäischen Standardisierungsorganisation angenommen und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurde.
- Nationaler Standard: ein Standard, der von einer nationalen Standardisierungsorganisation angenommen und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurde. Diese Standards sind meist in den jeweiligen Landessprachen verfasst und nur selten ins Englische übersetzt.

Zudem lassen sich zwei Ebenen von Standardisierungsaktivitäten unterscheiden: **horizontale Standardisierung**, die sich mit allgemeinen Aspekten befasst, die übergreifend für mehrere Anwendungsbereiche oder Branchen gelten, und **vertikale** Standardisierung, die sich mit spezifischeren Aspekten befasst, die für einen bestimmten Tätigkeits- oder Anwendungsbereich relevant sind (NIST, 2019). Ein horizontaler Standard enthält Spezifikationen zu grundlegenden Prinzipien, Konzepten, Definitionen und ähnlichen allgemeinen Informationen, die auf eine Vielzahl von Bereichen anwendbar sein sollen. Beispielsweise definiert die Norm ISO/IEC 22989:2022 („Information technology - Artificial intelligence - Artificial intelligence concepts and terminology“) Künstliche Intelligenz und verwandte Begrifflichkeiten in allgemeiner, branchenübergreifender Form.

Vertikale Standards hingegen zielen auf anwendungs- oder sektorspezifische Bereiche ab und konzentrieren sich daher nur auf die für diese Produktanwendung oder diesen Sektor erforderlichen Informationen, wie z. B. die Spezifikation FGAI4AD-01 („Automated driving safety data protocol – Specification“), die spezifische Aussagen zum autonomen Fahren macht.

2.3 Standardisierungsorganisationen und -aktivitäten im Bereich KI

In den letzten Jahren wurden mehrere KI-Standardisierungsaktivitäten initiiert, z. B. von der Europäischen Union (European Commission, 2022), den Vereinigten Staaten (NIST, 2019), China (CSET, 2020), Australien (Standards Australia, 2020) und Deutschland (DIN, 2020). Heute gibt es mehrere veröffentlichte horizontale (d.h. sektorübergreifende) und vertikale (d.h. sektorspezifische) KI-Standards. Zusätzlich befinden sich viele weitere Standards in der Entwicklungsphase.

Auf **internationaler** Ebene leisten die International Standard Organization (ISO), das International Electrotechnical Committee (IEC), das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) und die International Telecommunication Union (ITU) die zentrale Arbeit im Bereich der KI-Standardisierung. Auf **europäischer** Ebene sind die zentralen SOs das Europäische Komitee für Normung (CEN), das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) und das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI). Auf **nationaler** – in diesem Fall deutscher – Ebene sind vor allem das Deutsche Institut für Normung (DIN) und die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) an

³ Eine ausführlichere Darstellung dieses prototypischen Prozesses bietet Reichow et al., 2022.

der Entwicklung von KI-Standards beteiligt. Die beiden Organisationen arbeiten seit 2019 gemeinsam an der Deutschen Normungsroadmap Künstliche Intelligenz (Wahlster & Winterhalter, 2020), die aktuelle Standardisierungsbestrebungen rund um KI gesammelt sichtet und auswertet.

Alle diese SOs entwickeln Standards, die sich direkt auf KI beziehen, wie z. B. Grundlagenstandards, und Standards, die sich auf bestimmte Arbeitsbereiche wie „Big Data“, Vernetzung und Sicherheitsaspekte beziehen. Viele weitere Normen werden von diesen SOs erarbeitet, und die Zahl der jährlich veröffentlichten KI-Standards wird in den kommenden Jahren voraussichtlich einen Höchststand erreichen (Scalzo, 2021). Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über diese verschiedenen SOs und ihre zentralen KI-Standardisierungsaktivitäten gegeben.

ISO und IEC gelten als die ersten internationalen Standardisierungsorganisationen, die eine Expertengruppe im Bereich KI-Standardisierung eingerichtet haben. ISO/IEC JTC 1 ist ein gemeinsames technisches Komitee von ISO und IEC zur Entwicklung weltweiter Standards für die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) (ISO/IEC JTC1, 2022). Im Jahr 2017 wurde der Unterausschuss „ISO/IEC JTC1/SC42“ gegründet, um Standards zu verschiedenen Aspekten von KI zu entwickeln (SC 42, 2022). Die Hauptthemenbereiche dieser KI-Standards sind Grundlagen, Daten, Vertrauenswürdigkeit, Anwendungsfälle und Anwendungen sowie Methoden und Charakteristiken von KI-Systemen. Bislang (Stand November 2022) wurden 16 KI-Standards veröffentlicht und weitere 25 KI-Standards sind in der Ausarbeitung (ISO/IEC JTC 1/SC 42, 2022).

Die **IEEE Standards Association (IEEE SA)** ist innerhalb des IEEE das Gremium zur Entwicklung von Standards mit rund 2000 veröffentlichten Standards (IEEE SA, 2022). IEEE SA arbeitet an verschiedenen Standards im Zusammenhang mit KI-Systemen („artificial intelligence systems“, AIS) und autonomen und intelligenten Systemen (A/IS), einschließlich ethischem Design, Governance, Big Data und KI-Methoden. Im März 2017 startete das IEEE eine globale Initiative zur Erarbeitung von ethischen Grundsätzen für autonomen und intelligenten Systemen (The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems, 2022). Im Rahmen dieser Initiative arbeitet IEEE SA an der IEEE P7000™ Reihe, um spezifische Fragen an der Schnittstelle zwischen technologischen und ethischen Überlegungen zu behandeln. Das IEEE Computer Society / Artificial Intelligence Standards Committee (C/AISC) ist zusammen mit anderen technischen Komitees für die Entwicklung von technischen KI-Standards verantwortlich, die die Governance und Praxis von KI in Bezug auf Berechnungsmodelle für maschinelles Lernen, Algorithmen und Datennutzung ermöglichen (IEEE Computer Society / Artificial Intelligence Standards Committee (C/AISC), 2022).

Die **ITU** begann ihre KI-Standardisierungsaktivitäten mit der Organisation der ersten Ausgabe des "AI for Good Global Summit" in Zusammenarbeit mit der XPRIZE Foundation im Juni 2017 (ITU Global Summit, 2017). Die ITU bildete mehrere Fokusgruppen für vertikale KI-Standards, darunter die ITU/WHO-Fokusgruppe für KI im Gesundheitswesen, maschinelles Lernen für zukünftige Telekommunikationsnetze einschließlich 5G, KI für autonomes und assistiertes Fahren, Nachhaltigkeit für KI und andere aufkommende Technologien, KI für das Management von Naturkatastrophen sowie KI und Internet der Dinge (IoT) für die digitale Landwirtschaft (ITU AI ML, 2022).

CEN, CENELEC und ETSI unterstützen die Umsetzung europäischer Vorschriften und Gesetze durch die Schaffung harmonisierter europäischer Normen. Nur von CEN, CENELEC und ETSI entwickelte Normen werden als Europäische Normen (EN) anerkannt (Key players in European Standardisation, 2022). Einem Bericht von EURACTIV zufolge werden die drei europäischen Normungsorganisationen gemeinsam technische Normen entwickeln, die die geplante KI-Verordnung der EU umsetzen, sobald der Entwurf in den interinstitutionellen Verhandlungen konsolidiert worden ist (Bertuzzi, 2022). CEN und CENELEC arbeiten bereits gemeinsam an der KI-Standardisierung und bildeten im Dezember 2018 eine gemeinsame Fokusgruppe zu KI. Die Fokusgruppe legte bereits einen Gesamtrahmen für die europäische KI-Standardisierung fest und entwickelte eine abstrakte Vision, die darauf abzielt, die europäische KI-Industrie zu unterstützen und gleichzeitig die Risiken für die europäischen Bürgerinnen und Bürger zu mindern (CEN-CENELEC Focus Group Report, 2020). Die geplanten KI-Standardisierungsaktivitäten befassen sich mit sieben Themen, darunter Verantwortlichkeit, Qualität, Daten für KI, Datenschutz und -sicherheit, Ethik, Technik für KI-Systeme und Sicherheit von KI-Systemen (CEN-CENELEC, 2020).

DIN und DKE veröffentlichten im November 2020 die erste Ausgabe der deutschen Normungsroadmap Künstliche Intelligenz (Wahlster & Winterhalter, 2020). Der Bericht bietet einen umfassenden Überblick über den Status Quo sowie den Bedarf und die Herausforderungen der KI-Standardisierung. Die Roadmap legt den Schwerpunkt auf die Normung in sieben Schlüsselbereichen von KI, darunter Grundlagen, Ethik/Verantwortungsvolle KI, Qualität, Konformitätsbewertung und Zertifizierung, IT-Sicherheit bei KI-Systemen, industrielle Automation, Mobilität und Logistik sowie KI in der Medizin. Darüber hinaus empfiehlt sie die Einführung eines gemeinsamen Datenreferenzmodells für die Interoperabilität von KI-Systemen und die Entwicklung sektorübergreifender grundlegender KI-Sicherheitsstandards. Anfang 2022 startete die Arbeitsgruppe die Arbeit an einer zweiten Ausgabe der Normungsroadmap, u.a. mit dem neuen Themenschwerpunkt „Soziotechnische Systeme“, der evtl. auch für den Bildungsbereich relevante Erkenntnisse aufwerfen wird (DIN.ONE, 2022).

2.4 Recherche von KI-Standards

Wie die obigen Ausführungen zeigen, gibt es bereits zahlreiche Standardisierungsaktivitäten weltweit, die sich auf unterschiedlichste Aspekte Künstlicher Intelligenz beziehen. Trotz der Breite der beteiligten Branchen und Anwendungsbereiche fiel bei der Sichtung dieser Aktivitäten der bislang fehlende Fokus auf KI-Standards für den Bereich der Bildung auf.

Daher wurde bei der Recherche sowohl nach allgemeinen KI-Standards als auch nach spezifischen KI-Standards für den Bildungsbereich gesucht. Durchgeführt wurde eine ausführliche, englischsprachige Suche über die Google-Suchmaschine, die Websites verschiedener SOs, weitere Quellen wie Repositorien, Umfragen und Berichte zu KI-Standardisierungsaktivitäten. Insbesondere die folgenden Quellen bilden die Grundlage der gesammelten KI-Standards:

- Google-Suchanfragen mit den Suchbegriffen: "AI standards in education and vocational training", "AI standards in education", "AI standards in learning", "AI standards for education and learning", "Artificial intelligence standards", "AI standards", "AI technical standards" und "AI ethical standards".
- Recherchen auf den Websites der Standardisierungsorganisationen: ISO, IEEE SA und ITU mit den Suchbegriffen "AI Standards" und "Artificial Intelligence Standards".
- Recherche auf den Standardrepositorien der EUOS - EU-Beobachtungsstelle für IKT-Normung (EU Observatory for ICT Standardisation, 2022)⁴.
- Recherche auf den Standardrepositorien der "AI Standards Hub" (The Alan Turing Institute, 2022)
- Recherche auf den Standardrepositorien der OCEANIS - Open Community for Ethics in Autonomous and Intelligent Systems (OCEANIS, 2022).
- Studien und Berichte zu KI-Standardisierung, wie z. B.
 - CSET White Paper: Artificial Intelligence Standardization White Paper (CSET, 2020),
 - Final report of Standards Australia: An Artificial Intelligence Standards Roadmap (Standards Australia, 2020),
 - U.S. LEADERSHIP IN AI: A Plan for Federal Engagement in Developing Technical Standards and Related Tools (NIST, 2019),
 - CEN-CENELEC Focus Group Report: Road Map on Artificial Intelligence (AI) (CEN-CENELEC, 2020),
 - Report of TWG AI: Landscape of AI Standards (Frost et al., 2021) und
 - AI Watch: AI Standardization Landscape state of play and link to the EC proposal for an AI regulatory framework (Nativi & De Nigris, 2021).

Die Suche in den genannten Quellen ergab 255 unterschiedliche Standards (Stand: November 2022). Nach dem Ausschluss von vertikalen, also domänenspezifischen KI-Standards für Gesundheit, autonomes Fahren oder Kommunikationssysteme verblieben 187 Standards. Für die endgültige Auswahl der Standards, die in diese Studie aufgenommen werden sollen, berücksichtigen wir die horizontalen KI-Standards, die von den internationalen Standardisierungsorganisationen ISO, IEEE und ITU vorgeschlagen wurden, sowie einige der KI-Normen, die von der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU-Kommission im Zusammenhang mit den Anforderungen der KI-Verordnung an die als „hochriskant“ klassifizierten KI-Anwendungen vorgeschlagen wurden. Hierbei wurden auch KI-Normen des Deutschen Instituts für Normung (DIN) und des European Telecommunications Standards Institute (ETSI) berücksichtigt.

⁴ Die EU-Beobachtungsstelle für IKT-Normung verfügt über einen umfangreichen Bestand an IKT-Normen und bietet die wichtigsten und neuesten Standards auf Grundlage der wichtigsten IKT-Bereiche, die im jüngsten „Rolling Plan for ICT Standardisation“ der Europäischen Kommission definiert sind (European Commission, 2022). Das Repository gilt als Hauptquelle für die Suche und Sammlung der meisten KI-Standards.

3 KI-Standards für Bildung und Weiterbildung

Die nach der Recherche und dem Screening verbliebenen 93 unterschiedlichen KI-Standards decken verschiedene Aspekte von KI wie Grundlagen, Daten, Berechnungsmethoden, Vertrauenswürdigkeit, Governance usw. ab. Es gibt jedoch bisher keine expliziten KI-Standards oder -Spezifikationen für den Bereich der allgemeinen und beruflichen Bildung. In diesem Kapitel werden daher die KI-Standards vorgestellt, die zwar allgemein formuliert sind, aber für die allgemeine und berufliche Bildung besonders relevant und letztlich hilfreich bei der Entwicklung KI-gestützter Bildungsanwendungen sein könnten. Um hierfür passende KI-Standards auszuwählen, wurden folgende Schritte vollzogen:

1. Betrachtung von KI-Anwendungsbereichen mit konkreten Bildungstechnologien und Implikationen sowie Bedenken aus ethischer Perspektive.
2. Überlegungen dazu, welche technischen und ethischen Aspekte bei der Entwicklung von KI-basierten Anwendungen im Bereich der allgemeinen und beruflichen Bildung besonderes Gewicht haben oder mehr Beachtung finden sollten.
3. Auswahl und Kurzvorstellung geeigneter und potenziell hilfreicher KI-Standards, die diese Aspekte berücksichtigen.

3.1 KI-Anwendungen im Bildungsbereich und ethische Bedenken

KI-Anwendungen im Bildungsbereich können grob nach ihrer Rolle als *student-teaching*, *student-supporting*, *teacher-supporting* und *system-supporting* klassifiziert werden (Tuomi, 2020). Zawacki-Richter und Kolleginnen haben in ihrem systematischen Review von 146 Publikationen vier Hauptanwendungsbereiche von KI in der Hochschulbildung identifiziert (siehe Tabelle 1, basierend auf Zawacki-Richter et al., 2019), die sich – nicht zuletzt vor dem Hintergrund der konkreten Entwicklungen in den INVITE-Projekten – gut für eine Veranschaulichung der Anwendungsmöglichkeiten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung übertragen lassen.

Die KI-gestützten Anwendungen können sich positiv auf die Bildungserfahrungen von Lernenden und Lehrenden auswirken und ihnen dabei helfen, die Qualität des Lernens zu verbessern. Personalisiertes bzw. adaptives Lernen ist ein Beispiel dafür, wie KI genutzt werden kann, um Lernmaterial auf der Grundlage der Bedürfnisse und Lernziele des Lernenden individuell zusammenzustellen. Dabei können Lernende unterschiedliche Stärken und Schwächen haben, die von adaptiven KI-Systeme adressiert werden, z. B. können Lücken im Wissen oder Verständnis der Lernenden erkannt und das Lernmaterial entsprechend angepasst werden (Chaudhry & Kazim, 2021). In ähnlicher Weise unterstützen automatisierte Prüfungssysteme Lehrende bei der Benotung schriftlicher Hausarbeiten oder Prüfungen und sollen so die Arbeitsbelastung der Lehrenden verringern (Ramesh & Sanampudi, 2022). Auch der Einsatz von KI-basierten Chatbots in der Bildung wird immer beliebter und kann unterschiedlichen Zwecken dienen (Wollny et al., 2021). KI-basierte Chatbots können beispielsweise als Lernbegleiter fungieren und durch ihre Fähigkeit, in einem natürlichen Tonfall zu kommunizieren, den Lernprozess unterstützen (Kuhail et al., 2022). Die Georgia State University setzt das textbasierte KI-Chatbot-System „Pounce“ ein, das Studierenden nicht nur bei der Registrierung, Zulassung und anderen Verwaltungsaufgaben hilft, sondern auch die Studienleistung der Lernenden verbessern soll (Jones, 2022).

Tabelle 1: Anwendungsbereiche von KI in der Hochschulbildung und Anwendungsmöglichkeiten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung (basierend auf Zawacki-Richter et al., 2019, Tabelle 6, eigene Übersetzung)

KI-Anwendungsbereich	KI-Use Cases
Adaptive Systeme und Personalisierung	▪ Lehrinhalte vermitteln ▪ Personalisierte Inhalte empfehlen ▪ Unterstützung von Lehrenden und Lerndesign ▪ Verwendung akademischer Daten zur Analyse und Anleitung von Lernenden ▪ Repräsentation von Wissen in Concept Maps
Prüfung und Bewertung	▪ Automatisierte Benotung ▪ Feedback ▪ Bewertung des Lernendenverständnisses ▪ Engagement und Integrität ▪ Lehrevaluation
Profiling und Vorhersage	▪ Zulassungsentscheidungen und Kursplanung ▪ Analyse von Abbruch und Verbleib ▪ Lernendenmodelle und Lernleistungen
Intelligente Tutoresysteme	▪ Lehrinhalte vermitteln ▪ Diagnose von Stärken und automatisiertes Feedback ▪ Kuratieren von Lernmaterialien ▪ Unterstützung von Kollaboration ▪ Perspektive des Lehrenden

Systeme zur Erkennung von Gesichtsausdrücken werden eingesetzt, um die Mimik der Lernenden zu beobachten und Erkenntnisse über ihr Engagement während des Lernprozesses zu gewinnen, während prädiktive Analysesysteme Bildungseinrichtungen dabei helfen sollen, frühzeitig zu erkennen, welche Lernenden Gefahr laufen, einen Kurs nicht zu bestehen oder das Studium abzubrechen (Chaudhry & Kazim, 2021). Dies sind nur einige der zahlreichen Anwendungsfälle und -beispiele von KI-gestützten Technologien im Bildungskontext (Pinkwart & Beudt, 2020).

Die aufgezeigten KI-gestützten Anwendungen im Bildungsbereich stützen die Annahme, dass KI potenziell verschiedene Bildungs- und Lernerfahrungen verbessern kann. Bei näherer Betrachtung ergeben sich jedoch verschiedene ethische und technische Bedenken. Wenn beispielsweise die automatisierten Prüfungs- und Bewertungssysteme nicht fair, transparent und erklärbar sind, könnten sie zu einer ungerechten Behandlung von Lernenden führen, insbesondere wenn sie für Entscheidungen mit hoher Tragweite (z. B. Hochschulzulassungen) eingesetzt werden.

Prädiktive Analysesysteme könnten dazu führen, dass Organisationen aufgrund von geschlechtsspezifischen, ethnischen oder sozioökonomischen Vorurteilen, die in den Daten repräsentiert sind, falsche Entscheidungen treffen. Darüber hinaus sammeln und verarbeiten Gesichtserkennungssysteme, Empfehlungssysteme und adaptive Lernsysteme zahlreiche Lernendendaten (z. B. persönliche, bildungsbezogene und interaktionsbezogene Daten), um zu funktionieren. Dies kann unter Umständen die Privatsphäre der Lernenden verletzen und

wirft zudem ernsthafte Bedenken hinsichtlich der Sammlung, Verwaltung und des Schutzes dieser Daten auf.

Ein kürzlich von der Europäischen Kommission veröffentlichter Bericht gibt einen detaillierten und umfassenden Überblick über die ethischen Bedenken in Bezug auf KI und die Nutzung von Daten in der Bildung (European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, 2022). In dem Bericht werden sieben zentrale Anforderungen an eine vertrauenswürdige KI im Bildungs- und Lernbereich genannt, darunter „menschliche Agency und Aufsicht“, „Transparenz“, „Vielfalt, Nichtdiskriminierung und Fairness“, „gesellschaftliches und ökologisches Wohlergehen“, „Datenschutz und Datenverwaltung“, „technische Robustheit und Sicherheit“ und „Verantwortlichkeit“.

Auch der aktuelle Entwurf der von der EU vorgeschlagenen KI-Verordnung (Stand November 2022) sieht Bildung als sensiblen Bereich an, in dem Anwendungen von KI wahrscheinlich in die Hochrisikokategorie eingestuft werden (wenn bestimmte andere Kriterien zusätzlich erfüllt sind). Gemäß dem vorgeschlagenen Entwurf müssen die „hochriskanten“ KI-Anwendungen bestimmte Anforderungen erfüllen, z. B. das Sicherstellen geeigneter Datengovernance-verfahren (Straub, 2022). Harmonisierte KI-Normen, also Normen, die von europäischen Normungsorganisationen als Reaktion auf einen Normungsauftrag der Europäischen Kommission erstellt werden, könnten somit ein Kernelement zur Erfüllung der Anforderungen der künftigen europäischen KI-Gesetzgebung sein (Scalzo, 2021).

3.2 Ausgewählte Themenbereiche der KI-Standardisierung mit besonderer Relevanz für den Bildungsbereich

Wie oben beschrieben, gibt es bisher keine expliziten KI-Standards für den Bereich der allgemeinen und beruflichen Bildung. Die in der Recherche gefundenen allgemeinen KI-Standards beziehen sich auf zahlreiche bildungsunspezifische Aspekte, wie Terminologien, Implementierung, Tests, Interoperabilität, Zuverlässigkeit oder Vertrauenswürdigkeit von KI. Um das breite Spektrum von KI-Standards handhabbar zu machen, wurden die recherchierten Standards in zehn thematische Kernbereiche gruppiert⁵, auf die sich die KI-Standards anhand ihrer Funktionalität, ihres Umfangs und ihrer Verwendbarkeit zur Erfüllung bestimmter KI-Standardisierungsziele beziehen:

1. **Grundlagenstandards** (KI-Terminologien, Konzepte, Grundsätze, Definitionen)
2. **Datenstandards** (grundlegende Datenterminologien, Datenmanagement, Datensicherheit, Big-Data-Referenzarchitekturen und Frameworks)
3. **Methodische Standards** (Entwicklung, Implementierung und Test von KI-Algorithmen und -Methoden)
4. Standards für die **Mensch-Computer-Interaktion** (Standards für Benutzerfreundlichkeit, Zugänglichkeit, Adressierung der Nutzer-Heterogenität)
5. **Evaluationsstandards** (Performanztests, Benchmarking von KI-Systemen, Gestaltung von KI-Testumgebungen)
6. **Interoperabilitätsstandards** (Vernetzung, Protokolle, gemeinsame Datennutzung, Cybersicherheit von KI-Systemen).

⁵ Eine Publikation zu diesen thematischen Kernbereichen, ihre ausführliche Herleitung und Beschreibung sowie Analyse der zugeordneten Standards wird zurzeit von Faisal Rashid erstellt und ist für Sommer/Herbst 2023 geplant.

7. Standards für **Sicherheit und Risikomanagement** (Sicherheit, Datenschutz, Zugang, Anonymisierung, Authentifizierung und Risikoanalyse von KI-Systemen)
8. **Ethik-Standards** (ethische und soziale Aspekte wie Datenschutz, Transparenz, Bias, Erklärbarkeit, Vertrauenswürdigkeit und Verantwortlichkeit)
9. **Qualitätsstandards** (Metriken zur Quantifizierung der Auswirkungen und der Qualität von KI-Systemen)
10. **Governance-Standards** (Richtlinien, Vorschriften und Haftung für KI-Systeme)

Im Folgenden werden die thematischen Kernbereiche der KI-Standardisierung zusammengefasst, zu denen bereits allgemeine KI-Standards vorliegen. Sie wurden ausgewählt, weil sie für die Entwicklung KI-gestützter Bildungsanwendungen besonders relevant scheinen, wenn man auch die oben erläuterten KI-Anwendungsbereiche in der Bildung sowie die von der EU-Kommission empfohlenen Standards berücksichtigt. Diese fünf Themenbereiche bilden die Basis für die Analyse der gefundenen KI-Standards.

Im Anschluss an die kurze Erläuterung der fünf Themenbereiche werden die aus Sicht der Autor_innen des Dossiers potenziell hilfreichsten Standards vorgestellt.

Datenstandards

Die meisten KI-Anwendungen in der allgemeinen und beruflichen Bildung sind datengesteuert. Daten sind ein zentraler Aspekt, der unter den Gesichtspunkten der Datenqualität, der Verwaltung, der Sicherheit und des Datenschutzes zu betrachten ist. Datenstandards machen die für Anwendungen des maschinellen Lernens benötigten Trainings-, Test- und Betriebsdaten für alle autorisierten Nutzenden sichtbar und besser nutzbar.

Methodische Standards

Es gibt ein breites Spektrum an KI-Algorithmen und KI-Methoden. Es ist wichtig, diese Algorithmen und Ansätze gut zu verstehen, um eine geeignete Technik für die Entwicklung einer präzisen, effizienten und robusten KI-Anwendung auszuwählen. Darüber hinaus ist ein gutes Verständnis der Designmethoden, der Entwicklungs- und Einsatzprozesse sowie der Prüfung und Fehlersuche bei KI-Systemen erforderlich. Daher sind KI-Standards, die sich mit den methodischen und konstruktionsorientierten von KI-basierten Anwendungen befassen, von großer Bedeutung.

Standards zu Sicherheit und Risikomanagement

Zu diesem Themenbereich der KI-Standardisierung gehören Standards, die sich mit Sicherheit, Datenschutz, Zugang, Anonymisierung, Authentifizierung und Risikoanalyse von KI-Systemen befassen. Datenschutz- und Sicherheitsaspekte von KI sind äußerst wichtig, insbesondere im Bereich der allgemeinen und beruflichen Bildung, wo besonders sensible Daten und Datenanalysen genutzt werden. Dies erfordert komplexere Techniken zum Schutz der Privatsphäre. KI-Standards befassen sich mit Fragen zu Sicherheit und Datenschutz von KI-Anwendungen aus verschiedenen Blickwinkeln. Neue KI-Ansätze wie föderales maschinelles Lernen (engl. „federated machine learning“) sollten hierbei unbedingt berücksichtigt werden (Yang et al., 2021). Die Integration von föderalem maschinellem Lernen in Verbindung mit traditionellen Techniken zum Schutz der Privatsphäre kann die Privatsphäre und die Sicherheit von KI-Systemen weiter verbessern.

Standards zu Ethik, Erklärbarkeit und Mensch-Computer-Interaktion

Automatisierte Prüfungs- und Bewertungssysteme müssen unvoreingenommen, vertrauenswürdig und erklärbar sein. Darüber hinaus haben spezifische KI-Anwendungen wie Empfehlungssysteme oder Systeme zur automatisierten Zulassung zu Kursen oder Studiengängen direkte Auswirkungen auf die Zukunft der Lernenden und erhöhen das mit der Entscheidung verbundene Risiko. Daher müssen die rechtlichen und ethischen Aspekte des Einsatzes von KI im Bildungsbereich bei bestimmten kritischen Anwendungen von der Ideenfindung bis zur Nutzungsphase von KI-Systemen berücksichtigt werden. KI-Systeme sollten möglicherweise während des gesamten Prozesses von anderen Systemen oder Menschen überwacht oder sogar unterbrochen werden können, so dass die Entscheidungshoheit über Bildungsprozesse im Sinne des „Human in the Loop“-Konzepts jederzeit bei menschlichen Bildungsakteuren verbleibt (Söllner et al., 2021).

Eng damit verbunden ist auch die Benutzerfreundlichkeit und Zugänglichkeit von KI-Systemen sowie die Adressierung der Nutzer-Heterogenität. Standards für die Mensch-Computer-Interaktion (MCI) können die Einhaltung dieser Anforderungen sowohl in der Entwicklungsphase als auch im tatsächlichen Einsatz des Systems befördern. Dabei können auch andere Faktoren wie Fähigkeiten oder Beeinträchtigungen berücksichtigt werden.

Governance- und Qualitätsstandards

KI-Governance-Standards zielen auf Organisationen ab, die KI-basierte Systeme entwickeln oder KI in ihrem Betrieb einsetzen. KI-Governance hilft Organisationen bei der Bewältigung der Risiken, die KI-Systeme mit sich bringen. Diese Standards umfassen Richtlinien, Vorschriften und die Haftung für KI-Systeme. KI-Governance ist wichtig und kann Bildungs- oder Berufsbildungseinrichtungen dabei helfen, nationale oder europäische Vorschriften zu beachten und die risikoreichen KI-Nutzungsfälle in der Bildung und Ausbildung im Rahmen des KI-Gesetzes zu bestimmen, wenn dieses verabschiedet wird. In einem ähnlichen Zusammenhang stehen auch Qualitätsstandards. Gemeint sind hier Standards für die Entwicklung von Metriken zur Quantifizierung der Auswirkungen und der Qualität von KI-Systemen wie Qualitätsmanagement, Tests und KPIs.

Von den 93 KI-Standards internationaler Normungsgremien weisen 62 Standards einen deutlichen Bildungsbezug auf und lassen sich zu den betrachteten fünf Themenbereichen zuordnen. 22 dieser Standards sind allerdings noch nicht publiziert, sondern befinden sich noch in der Entwicklung. Abbildung 1 stellt die Verteilung veröffentlichter und noch in Entwicklung befindlicher Standards auf die bildungsrelevanten Themenfelder der KI-Standardisierung dar.

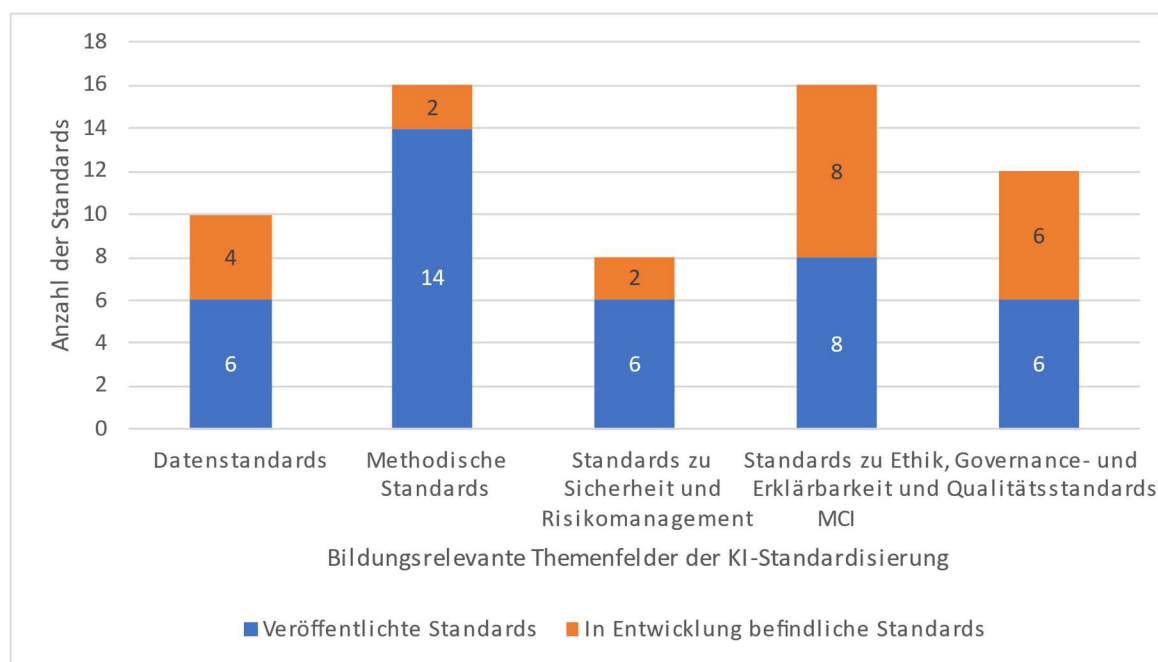


Abbildung 1: Verteilung veröffentlichter und noch in Entwicklung befindlicher bildungsrelevanter Themenbereiche der KI-Standardisierung (Stand: Dezember 2022).

3.3 Ausgewählte KI-Standards für die allgemeine und berufliche Bildung

In diesem Abschnitt werden die KI-Standards vorgestellt, die in Anwendungsentwicklung, -betrieb und -nutzung helfen können. Sei es mit flexiblen Beiträgen zu ethischen Rahmenbedingungen, KI-Grundsätzen, Werkzeugen und Methoden zur Risikominderung, zur Bewertung ethischer Faktoren, zu bewährten Testverfahren und zu Methoden der Folgenabschätzung auf der Grundlage internationaler KI-Standards.

Die vollständige Liste der veröffentlichten und in Entwicklung befindlichen Standards ist im Anhang dieses Dokuments enthalten. Sie erscheint mit 62 Standards zu umfangreich, um in der Anwendungsentwicklung wirklich praktikabel zu sein. Daher wurden zunächst die 22 noch unveröffentlichten Standards ausgeschlossen. Sobald diese – oft sehr vielversprechenden, fortschrittlichen – Standards veröffentlicht sind, werden sie einer erneuten Analyse unterzogen und in einer 2. Auflage dieses Dossiers ergänzt. Gleichwohl stellen auch die verbliebenen 40 Standards immer noch eine recht große Anzahl von Standards dar, um praktisch im Bereich der allgemeinen und beruflichen Bildung berücksichtigt werden zu können. Daher wurden die Auswahlkriterien weiter verfeinert und sehr spezifische Standards ausgewählt, die aus Sicht des Autor_innenteams besonders relevant sind und bei der Entwicklung von KI-Anwendungen im Allgemeinen oder speziell im Bereich Bildung und Lernen berücksichtigt werden sollten. Die Auswahl von 24 Standards basiert auf den Beschreibungen auf den jeweiligen SO-Seiten, auf Empfehlungen in verschiedenen Studien oder Quellen (wie in Abschnitt 2.4 dieses Dokuments erwähnt) und dem vorhandenen domänenspezifischen Wissen.

Das Flussdiagramm fasst den gesamten Such- und Auswahlprozess der KI-Standards (Abbildung 2) noch einmal zusammen:

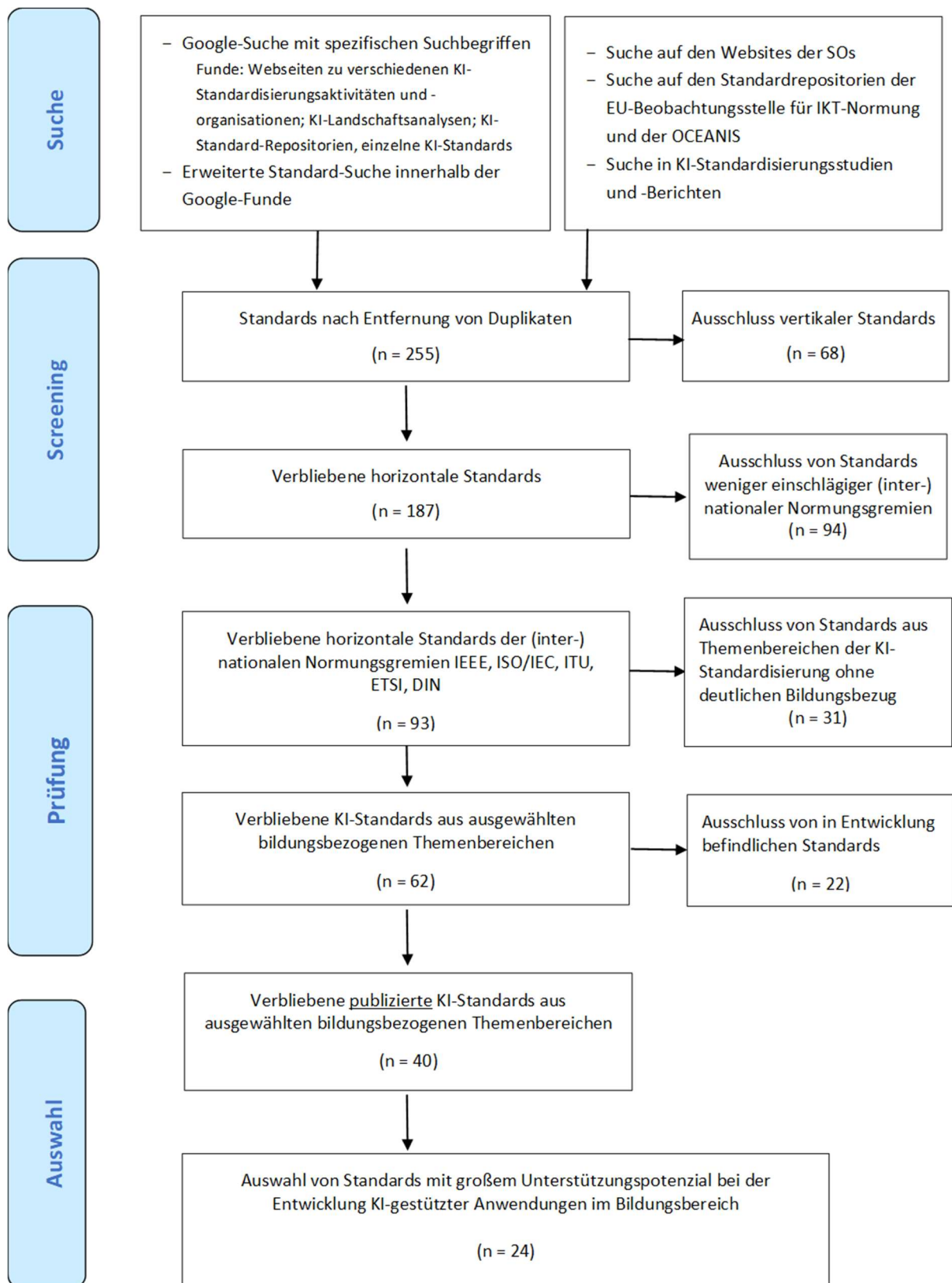


Abbildung 2: PRISMA-Diagramm zur Identifikation relevanter und potenziell hilfreicher KI-Standards für den Bildungsbereich

In der folgenden Tabelle werden nun die KI-Standards vorgestellt, die ein großes Potenzial bieten, bei der Entwicklung von KI-gestützten Bildungstechnologien in der beruflichen Aus- und Weiterbildung zu unterstützen. Die KI-Standards sind mit ihrem Originalnamen und einer Kurzbeschreibung inkl. Anwendungsbeispiel in der beruflichen Bildung versehen. Geordnet sind sie nach den ausgewählten fünf Themenbereichen der KI-Standardisierung, die im vorherigen Abschnitt erörtert wurden.

Nr.	Standard	Kurzbeschreibung und Anwendungsbeispiel
Datenstandards		
1	<u>IEEE 2807-2022</u> IEEE Approved Draft Framework of Knowledge Graphs	In diesem Standard werden das konzeptionelle Modell des Wissensgraphen, der Konstruktions- und Integrationsprozess von Wissensgraphen, die Hauptaktivitäten in den Prozessen und die Akteure von Wissensgraphen im Detail beschrieben. Dieser Standard kann in verschiedenen Organisationen angewendet werden, die Wissen planen, entwerfen, entwickeln, implementieren und anwenden, sowie in Organisationen, die unterstützende Technologien, Werkzeuge und Dienstleistungen für Wissensgraphen entwickeln.
2	<u>ISO/IEC TR 20547-2:2018</u> Information technology – Big data reference architecture – Part 2: Use cases and derived requirements	Dieses Dokument enthält eine Sammlung von Big-Data-Anwendungsfällen und zerlegt diese Anwendungsfälle in technische Überlegungen, die Big-Data-Architekten und Systemimplementierer berücksichtigen können.
3	<u>ETSI GR SAI 002 V1.1.1 (2021-08)</u> Securing Artificial Intelligence (SAI); Data Supply Chain Security	Dieses Dokument fasst die Methoden zusammen, die derzeit zur Beschaffung von Daten für die KI-Ausbildung verwendet werden, sowie die Vorschriften, Normen und Protokolle, die den Umgang mit diesen Daten und deren gemeinsame Nutzung regeln können. Es bietet darüber hinaus eine Lückenanalyse dieser Informationen, um mögliche Anforderungen an Standards zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit und Integrität der Daten, der zugehörigen Attribute, Informationen und Rückmeldungen sowie der Vertraulichkeit dieser Daten zu ermitteln

Methodische Standards		
	<u>ISO/IEC 23053:2022</u>	
4	Framework for Artificial Intelligence (AI) Systems Using Machine Learning (ML)	In diesem Dokument wird ein KI- und ML-Rahmen für die Beschreibung eines generischen KI-Systems mit ML-Technologie festgelegt. Der Rahmen beschreibt die Systemkomponenten und ihre Funktionen im KI-Ökosystem. Dieses Dokument gilt für alle Arten und Größen von Organisationen, einschließlich öffentlicher und privater Unternehmen, Regierungsstellen und gemeinnütziger Organisationen, die KI-Systeme implementieren oder nutzen.
	<u>ISO/IEC TS 4213:2022</u>	
5	Information technology — Artificial intelligence — Assessment of machine learning classification performance	Fortschritte im Bereich des maschinellen Lernens werden häufig in Form einer verbesserten Leistung im Vergleich zum Stand der Technik oder einer angemessenen Basislinie angegeben. Die Wahl einer geeigneten Metrik zur Bewertung der Klassifizierungsleistung von Modellen des maschinellen Lernens hängt vom Anwendungsfall und den Beschränkungen des Bereichs ab. Dieses Dokument beschreibt Ansätze und Methoden zur Sicherstellung der Relevanz, Legitimität und Erweiterbarkeit von Aussagen über die Klassifikationsleistung maschinellen Lernens, einschließlich der Modellimplementierung, der Datensatzzusammensetzung und der Ergebnisberechnungen. Bei der Bewertung der Leistung des maschinellen Lernens werden methodische Kontrollen durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse fair und repräsentativ sind.
	<u>ISO/IEC TR 24029-1:2021</u>	
6	Artificial Intelligence (AI) — Assessment of the robustness of neural networks — Part 1: Overview	Dieses Dokument gibt einen Überblick über die verfügbaren Ansätze zur Bewertung der Risiken, die speziell mit der Robustheit von KI-Systemen zusammenhängen, mit besonderem Schwerpunkt auf neuronalen Netzen, die in der Industrie, in Behörden und im akademischen Bereich in großem Umfang eingesetzt werden.
	<u>IEEE 3333.1.3-2022</u>	
7	IEEE Standard for the Deep Learning-Based Assessment of Visual Experience Based on Human Factors	Das Dokument bietet einen Standard zur Messung der visuellen Erlebnisqualität. Das Wahrnehmungserlebnis von Nutzenden kann von menschlichen, systembezogenen und kontextbezogenen Faktoren beeinflusst sein. In diesem Standard wird die Bewertung der Erlebnisqualität in zwei Unterkategorien eingeteilt: Wahrnehmungsqualität und Cyberkrankheit in der virtuellen Realität. Darüber hinaus werden Deep-Learning-Modelle, die menschliche Faktoren für verschiedene Erlebnisqualitätsbewertungen berücksichtigen, zusammen mit einer zuverlässigen subjektiven Testmethodik und einem Verfahren zur Erstellung einer Datenbank behandelt.

8	<u>IEEE 2841-2022</u> IEEE Approved Draft Framework and Process for Deep Learning Evaluation	Dieses Dokument enthält Empfehlungen zur Bewertung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Deep-Learning-Algorithmen. Ziel ist es, deren Entwicklungszyklus zu verkürzen und die Qualität von Softwaresystemen zu verbessern, die auf einem Deep-Learning-Algorithmus basieren. Das Bewertungsindexsystem und der entsprechende Bewertungsprozess werden in diesem Dokument spezifiziert.
9	<u>DIN SPEC 13266</u> Leitfaden für die Entwicklung von Deep-Learning-Bilderkennungssystemen	Dieses Dokument nennt die Voraussetzungen, unter denen Bilderkennungsprobleme mit Hilfe eines Deep-Learning-Bild-Erkennungssystems bearbeitet werden können. Es erlaubt Entscheidungsträgern, Kenntnisse über die Anwendungsmöglichkeiten eines solchen Systems und seine Struktur zu gewinnen. Der Leitfaden kann die Schätzung Aufwand zu Nutzen des Deep-Learning-Systems unterstützen sowie eine genauere Erfolgsprognose ermöglichen. Er enthält Leitlinien zur praktischen Umsetzung vom Vorgehen bei der Datensammlung über die Strukturierung der Daten zum Lernen der KI -Bilderkennung bis zur Ablaufstruktur von Lernexperimenten und zur Qualitätssicherung. Der Leitfaden ist für Entscheidungsträger von KI-Projekten zur Bilderkennung als auch für deren Umsetzer gedacht. Er adressiert jedoch keine spezifischen Angaben zu den Themengebieten aktives Lernen, mentales Lernen und kontinuierliches Lernen.
10	<u>ITU-T F.748.12 (06/2021)</u> Deep learning software framework evaluation methodology	Existierende Software-Frameworks für Deep Learning bieten Herstellern einfache und schnelle Möglichkeiten, ihre eigenen KI-Anwendungen zu entwickeln. Verschiedene Frameworks zeigen jedoch unterschiedliche Leistungen in verschiedenen Szenarien. Der Standard ⁶ ITU-T F.748.12 hilft bei der Bewertung von Deep-Learning-Software-Frameworks, damit Hersteller die Vorteile bestimmter Frameworks voll nutzen und die Nachteile anderer vermeiden können.

⁶ Die ITU bezeichnet die entwickelten Standards als Empfehlungen. Zugunsten der Konsistenz des vorliegenden Dossiers wird hier der Begriff „Standards“ verwendet.

11	<u>ITU-T F.746.10 (08/2020)</u> Architecture for a spontaneous dialogue processing system for language learning	Dieser Standard beschreibt die Architektur, die funktionalen Einheiten und die Schnittstellen von einem spontanen Dialogverarbeitungssystem für das Sprachenlernen. Fokussiert wird die Beschreibung der Architektur mit verschiedenen funktionalen Komponenten in einem spontanen Dialogverarbeitungssystem: Eingabe-/Ausgabeverwaltung, Dialogverständnis, Verwaltung und Erzeugung von Doppeldialogen, Verwaltung von Dialogwissen, inkrementelles Lernen von Dialogwissen, Verwaltung von unstrukturierter spontaner Spracherkennung und Sprachlernfunktion.
12	<u>ITU-T F.746.5 (12/2017)</u> Framework for a language learning system based on speech and natural language processing (NLP) technology	Dieser Standard soll als Referenzrahmen für Sprachlernsysteme dienen, die als kostengünstige Werkzeuge in vielen Bildungssituationen entwickelt und eingesetzt werden. Er definiert die Merkmale, allgemeinen Anforderungen und Funktionen zur Unterstützung von Sprachlernsystemen, die auf der Technologie der Sprach- und natürlichen Sprachverarbeitung (NLP) basieren. Der Anwendungsbereich konzentriert sich auf Architektur, Terminals, Server, Schnittstelle und Clients in einem High-Level-Ansatz.
13	<u>ITU-T F.746.3 (11/2015)</u> Intelligent question answering service framework	Dieser Standard gibt einen Rahmen für die Entwicklung von intelligenten Frage-Antwort-Diensten, welche auf die Fragen des Benutzers automatisch Antworten in einer natürlichen Sprache generieren. Der Standard definiert die Merkmale, Anforderungen und Funktionen von solchen „intelligent question answering systems“, die in Zukunft immer häufiger ein Bestandteil digitaler (Lern-)Plattformen sein werden.

Standards zu Sicherheit und Risikomanagement

14	<u>IEEE 2830-2021</u> IEEE Standard for Technical Framework and Requirements of Trusted Execution Environment based Shared Machine Learning	In diesem Standard werden der Rahmen und die Architektur für das maschinelle Lernen definiert, bei dem ein Modell mit verschlüsselten Daten trainiert wird, die aus mehreren Quellen zusammengetragen und von einer vertrauenswürdigen dritten Partei verarbeitet wurden. Festgelegt sind funktionale Komponenten, Arbeitsabläufe, Sicherheitsanforderungen, technische Anforderungen und Protokolle.
15	<u>ETSI GR SAI 005 V1.1.1 (2021-03)</u> Securing Artificial Intelligence (SAI); Mitigation Strategy Report	In dieser Arbeit werden bestehende und potenzielle Schutzmaßnahmen gegen Bedrohungen für KI-basierte Systeme zusammengefasst und analysiert. Ziel ist es, Leitlinien für die Abschwächung von Bedrohungen zu erstellen, die durch den Einsatz von KI in Systemen entstehen. Diese Richtlinien beleuchten die Grundlagen für die Sicherung von KI-basierten Systemen, indem sie bekannte oder potenzielle Sicherheitsbedrohungen abschwächen. Sie befassen sich auch mit den Sicherheitskapazitäten, Herausforderungen und Einschränkungen bei der Annahme von Schutzmaßnahmen für KI-basierte Systeme in bestimmten potenziellen Anwendungsfällen.
16	<u>ETSI GR SAI 006 V1.1.1 (2022-03)</u> Securing Artificial Intelligence (SAI); The role of hardware in security of AI	In diesem Dokument wird die Rolle der Hardware, sowohl der spezialisierten als auch der allgemeinen, für die Sicherheit von KI aufgezeigt und es wird auf die in der Hardware verfügbaren Abhilfemaßnahmen zur Verhinderung von Angriffen eingegangen (wie in SAI-005 beschrieben, siehe Nr. 10). Darüber hinaus befasst sich der Bericht mit möglichen Strategien für den KI-Einsatz zum Schutz von Hardware. Er bietet eine Zusammenfassung der akademischen und industriellen Erfahrungen im Bereich der Hardware-sicherheit für KI und befasst sich mit Schwachstellen oder Schwächen, die durch Hardware verursacht werden und welche Angriffsvektoren auf KI verstärken können.

Standards zu Ethik, Erklärbarkeit und Mensch-Computer-Interaktion

17	<u>ISO/IEC TR 24027:2021</u> Information technology – Artificial intelligence (AI) – Bias in AI systems and AI aided decision making	Dieser Standard befasst sich mit der Voreingenommenheit von KI-Systemen, insbesondere mit der KI-gestützten Entscheidungsfindung. Es werden Messtechniken und Methoden zur Bewertung und Behandlung von Voreingenommenheit beschrieben. Dabei werden alle Lebenszyklusphasen von KI-Systemen berücksichtigt, einschließlich Datenerfassung, Training, kontinuierliches Lernen, Design, Testen, Evaluierung und Nutzung.
18	<u>IEEE 7000-2021</u> IEEE Standard Model Process for Addressing Ethical Concerns during System Design	Dieser Standard legt eine Reihe von Prozessen fest, mit denen Organisationen die Berücksichtigung ethischer Werte in allen Phasen der Konzeption und -entwicklung einbeziehen können. Er unterstützt auch das Management und die Technik bei der transparenten Kommunikation mit ausgewählten Stakeholdern zur Ermittlung und Priorisierung ethischer Werte, einschließlich der Rückverfolgbarkeit ethischer Werte durch ein Betriebskonzept, Wertvorstellungen und Wertdispositionen im Systemdesign.
19	<u>IEEE 7001-2021</u> IEEE Standard for Transparency of Autonomous Systems	Dieser Standard zielt darauf ab, messbare und überprüfbare Transparenzniveaus für autonome Systeme festzulegen. Er gilt im Großen und Ganzen für alle autonomen Systeme, sowohl für physische als auch für nicht-physische Systeme, die direkt physischen, psychischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, ökologischen oder rufschädigenden Schaden verursachen können. Anwendungsbeispiele sind für Erstere Fahrzeuge mit automatisierten Fahrsystemen oder Roboter für betreutes Wohnen (Pflege). Beispiele für letztere sind medizinische Diagnose-(Empfehlungs-)Systeme oder Chatbots.
20	<u>ITU-T F.746.11 (08/2020)</u> Interfaces for intelligent question answering system	Der Standard beschreibt Schnittstellen für den Rahmen intelligenter Frage-Antwort-Dienste (s.o. Standard ITU-T F.746.3). Definiert werden die Schnittstellen zwischen Funktionsmodulen zur Unterstützung des intelligenten Frage-Antwort-Dienstes, der fortgeschrittene Funktionen zur Antwort-Generierung bereitstellt. Der Standard beschreibt Schnittstellen und Funktionsmerkmale für die Funktionen zur Verarbeitung natürlicher Sprache, die Funktion zur Analyse von Fragen, die Funktion zur Generierung von Antwortkandidaten und die Funktion zur Ableitung/Generierung von Antworten eines intelligenten Systems zur Beantwortung von Fragen.

21	<u>ITU-T H.862.5 (06/2021)</u> Emotion enabled multi-modal user interface based on artificial neural networks	Von emotionsbasierten Technologien verspricht man sich große Verbesserungen im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion. Auch KI-Anwendungen nutzen immer häufiger Multimodalität und Emotionsanalyse. Viele der derzeitigen Systeme können jedoch noch nicht adäquat auf menschliche Emotionen schließen, da einige Systeme entweder zu sehr von bestimmten Quellen abhängig oder nicht leistungsstark genug für reale Einsatzszenarien sind. Daher bietet dieser Standard eine Systemarchitektur für eine emotionsgesteuerte multimodale Benutzerschnittstelle, die auf einer Emotionsanalyse mit einigen Eigenschaften, Illustrationen und Daten mit einem künstlichen neuronalen Netz basiert. Die Multimediadaten für die Eingabe setzen sich aus Text, Sprache und Bild zusammen. Für die unimodale Emotionsanalyse werden die Daten in einem entsprechenden Modul vorverarbeitet. Die Textdaten werden z. B. durch Datenerweiterung, Erkennung von Personenmerkmalen, Erkennung von Themenclustern, Dokumentenzusammenfassung, Erkennung von benannten Entitäten, Satzsplitter, Schlüsselwortcluster und Funktionen zur Umwandlung von Sätzen in Graphen vorverarbeitet.
----	--	--

Governance- und Qualitätsstandards

22	<u>ISO/IEC 38507:2022</u> Information technology – Governance of IT – Governance implications of the use of artificial intelligence by organizations	Dieser Standard dient als Leitfaden für die Leitung einer Organisation, die KI einsetzt oder deren Einsatz in Erwägung zieht. Er befasst sich mit dem Wesen und den Mechanismen von KI, um die Governance-Implicationen zu verstehen: Welche zusätzlichen Chancen, Risiken und Verantwortlichkeiten ergeben sich aus dem KI-Einsatz? Der Schwerpunkt liegt auf der (von Menschen ausgeübten) Steuerung des KI-Einsatzes durch die Organisation und nicht auf den Technologien, aus denen ein KI-System besteht. Eine solche Steuerung erfordert jedoch ein Verständnis für die Auswirkungen der Technologien.
23	<u>DIN SPEC 92001 – Part 1</u> Artificial Intelligence – Life Cycle Processes and Quality Requirements – Part 1: Quality Meta Model	Dieser Standard stellt ein allgemeines Meta-Modell für die Qualität von KI zur Verfügung. Das KI-Qualitäts-Meta-Modell beschreibt insbesondere die drei wesentlichen Qualitätsmerkmale Leistung & Funktionalität, Robustheit und Verständlichkeit.
24	<u>DIN SPEC 92001 - Part 2</u> Artificial Intelligence – Life Cycle Processes and Quality Requirements – Part 2: AI robustness	Dieses Dokument spezifiziert KI-spezifische Robustheitsanforderungen. Diese Qualitätsanforderungen an die Robustheit werden anhand des spezifizierten KI-Qualitäts-Meta-Modells (DIN SPEC 92001-1) strukturiert.

4 Literaturverzeichnis

- AI ACT (2021). *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*. European Commission. Abgerufen am 01.06.2022 von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021PC0206>
- Arciniegas, D. F., Amaya, M., Carvajal, A. P., Rodriguez-Marin, P. A., Duque-Muñoz, L. & Martinez-Vargas, J. D. (2022). Students' Attention Monitoring System in Learning Environments based on Artificial Intelligence. *IEEE Latin America Transactions*.
- Bertuzzi, L. (2022). *AI standards set for joint drafting among European standardisation bodies*. Abgerufen am 30.07.2022 von euractiv: <https://www.euractiv.com/section/digital/news/ai-standards-set-for-joint-drafting-among-european-standardisation-bodies/>
- CEN-CENELEC (2020). *CEN-CENELEC Focus Group Road Map on AI*. CEN-CENELEC. Abgerufen am 20.07.2022 von https://www.standict.eu/sites/default/files/2021-03/CEN-CLC_FGR_RoadMapAI.pdf
- CEN-CENELEC Focus Group Report (2020). *CEN-CENELEC Focus Group Report - Road Map on Artificial Intelligence (AI)*. Abgerufen am 30.07. 2022 von StandICT: <https://www.standict.eu/node/4854>
- CEN-CENELEC JTC 21 'Artificial Intelligence' (2022). Abgerufen am 30.07.2022 von CEN-CENELEC: <https://www.cencenelec.eu/areas-of-work/cen-cenelec-topics/artificial-intelligence/>
- Chaudhry, M. & Kazim, E. (2021). Artificial Intelligence in Education (AIEd): A high-level academic and industry note. *AI Ethics*, 2 , 157–165 . doi:<https://doi.org/10.1007>
- CSET (2020). *Original CSET Translation of "Artificial Intelligence Standardization White Paper"*. China Electronics Standardization Institute. Abgerufen am 01.07.2022 von <https://cset.georgetown.edu/research/artificial-intelligence-standardization-white-paper/>
- De Jure Facto: Everything You Need to Know*. (2022). Abgerufen am 03.11.2022 von UpCounsel: <https://www.upcounsel.com/de-jure-facto>
- DIN (2020). *German Standardization Roadmap on Artificial Intelligence*. DIN e. V. and DKE German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of DIN and VDE. Abgerufen am 04.07.2022 von <https://www.dke.de/resource/blob/2017010/99bc6d952073ca88f52c0ae4a8c351a8/nr-ki-english---download-data.pdf>
- DIN.ONE (2022). *Normungsroadmap KI Ausgabe 2*. Abgerufen am 04.07.2022 von din.one: <https://din.one/display/NRM/Normungsroadmap+KI+Ausgabe+2>
- EU High Level Expert Group on Artificial Intelligence (2019). *Eine Definition der KI: Wichtigste Fähigkeiten und Wissenschaftsgebiete*. European Commission.

- EU Observatory for ICT Standardisation (2022). *Standards Repository*. (StandICT.eu)
Abgerufen am 01.11.2022 von [www.standict.eu: https://www.standict.eu/standards-repository](https://www.standict.eu/standards-repository)
- European Commission (1998). *Laying down a procedure for the provision of information in the field of technical standards and regulations*. Directive 98/34/EC of the European Parliament and of the Council of 22 June 1998, Document 31998L0034.
- European Commission (2022). *A European approach to artificial intelligence*. Abgerufen am 15.07.2022 von Shaping Europe's digital future: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>
- European Commission (2022). *Rolling plan for ICT standardisation*. (European Commission)
Abgerufen am 01.11.2022 von <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/rolling-plan-ict-standardisation>
- European Commission (2022). *Key players in European Standardisation*. Abgerufen am 30.07.2022 von https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/key-players-european-standardisation_en
- European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*. Publications Office of the European Union.
- Farrell, F. & Saloner, G. (1992). Converters, Compatibility, and the Control of Interfaces. *The Journal of Industrial Economics*, 40(1), 9–35.
- Frost, L., Walshe, R. & Muscella., S. (2021). *Report of TWG AI: Landscape of AI Standards (v1.0)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4775837>.
- Hemmler, Y., Rasch, J. & Ifenthaler, D. A. (2022). Categorization of Workplace Learning Goals for Multi-Stakeholder Recommender Systems: A Systematic Review. *TechTrends*.
- IEEE Computer Society / Artificial Intelligence Standards Committee (C/AISC). (2022).
Abgerufen am 30.07.2022 von [sagroups.ieee.org/: https://sagroups.ieee.org/](https://sagroups.ieee.org/)
- IEEESA (2022). Abgerufen am 23.07.2022 von <https://standards.ieee.org/>
- ISO/IEC JTC 1/SC 42. (2022). Abgerufen am 20.07.2022 von [www.iso.org: https://www.iso.org/committee/6794475.html](https://www.iso.org/committee/6794475.html)
- ISO/IEC JTC1 (2022). Abgerufen am 20.07.2022 von [www.jtc1.org: http://www.jtc1.org/](http://www.jtc1.org/)
- ITU AI ML (2022). Abgerufen am 30.07.2022 von [aiforgood.itu.int: https://aiforgood.itu.int/about-ai-for-good/ai-ml-pre-standardization/](https://aiforgood.itu.int/about-ai-for-good/ai-ml-pre-standardization/)
- ITU Global Summit (2017). Abgerufen am 30.07.2022 von [www.itu.int: https://www.itu.int/en/ITU-T/AI/Pages/201706-default.aspx](https://www.itu.int/en/ITU-T/AI/Pages/201706-default.aspx)
- Jones, A. (21. March 2022). *Classroom Chatbot Improves Student Performance, Study*

- Says. (Gorgia State University) Abgerufen am 01.11.2022 von news.gsu.edu:
<https://news.gsu.edu/2022/03/21/classroom-chatbot-improves-student-performance-study-says/>
- Jyoti, G. & Laxman, D. (2020). Automated Grading of Essays: A Review. *Intelligent Human Computer Interaction: 12th International Conference, IHCI*, (S. 238–249).
doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-68449-5_25
- Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S. & Gašević, D. (2022). Explainable Artificial Intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*.
- Kuhail, M., Alturki, N., Alamlawi, S. & Alhejori, K. (2022). Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Education and Information Technologies*.
doi:<https://doi.org/10.1007/s10639-022-11177-3>
- McCarthy, J. (2007). *What is Artificial Intelligence? Technical Report*. Stanford University.
- Nativi, S. & De Nigris, S. (2021). *AI Watch: AI standardisation landscape state of play and link to the EC proposal for an AI regulatory framework*. Joint Research Centre (European Commission).
- NIST (2019). *U.S. LEADERSHIP IN AI: A Plan for Federal Engagement in Developing Technical Standards and Related Tools*. US Department of Commerce. NIST - National Institute of Standards and Technology. Abgerufen am 01.07.2022 von <https://www.nist.gov/document/report-plan-federal-engagement-developing-technical-standards-and-related-tools>
- OCEANIS (2022). *Repository*. (The Open Community for Ethics in Autonomous and Intelligent Systems (OCEANIS)) Abgerufen am 01.07.2022 von The Open Community for Ethics in Autonomous and Intelligent Systems (OCEANIS): <https://ethicsstandards.org/repository/>
- Pedró, F., Subosa, M., Rivas, A. & Valverde, P. (2019). *Artificial intelligence in education: challenges and opportunities for sustainable development*. UNESCO. Abgerufen am 15.06.2022 von <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>
- Pinkwart, N. & Beudt, S. (2020). *Künstliche Intelligenz als unterstützende Lerntechnologie*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Abgerufen am 15.06.2022 von <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-624584.html>
- Raja, C., Kay, F.-B., John, C. H. & Konstantinos, K. (2017). *The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems*. Abgerufen am 20.07.2022 von <https://spectrum.ieee.org>: <https://spectrum.ieee.org/ieee-global-initiative-ethical-design-ai-and-autonomous-systems>
- Ramesh, D. & Sanampudi, S. (2022). An automated essay scoring systems: a systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*, 55, 2495 – 2527
(<https://doi.org/10.1007/s10462-021-10068-2>).

- Rani, L. P., Wise, D. J., Ajayram, K., Gokul, T. & Kirubakaran, B. (2020). Course Recommendation for students using Machine Learning . *International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, (S. 381-384).
- Reichow, I., Hochbauer, M. & Goertz, L. (2021). *Standards und Empfehlungen zur Umsetzung digitaler Weiterbildungsplattformen in der beruflichen Bildung: ein Dossier im Rahmen des INVITE-Wettbewerbs*. Bonn. Abgerufen am 01.06.2022 von https://res.bibb.de/vet-repository_779586
- Russell, S. J. & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* ((Bd. 4th ed.). Hoboken: Pearson. .
- SC 42 (2022). Abgerufen am 20.07.2022 von [jtc1info: https://jtc1info.org/sd-2-history/jtc1-subcommittees/sc-42/](https://jtc1info.org/sd-2-history/jtc1-subcommittees/sc-42/)
- Scalzo, S. (2021). *Harmonised standards as a key tool for the implementation of the future AI legislation*. Abgerufen am 05.10.2022 von European AI Alliance.
- Söllner, M., Janson, A., Rietsche, R. & Thiel de Gafenco, M. (2021). Individualisierung in der beruflichen Bildung durch Hybrid Intelligence. Potentiale und Grenzen. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 31, 163-181.
- Standards Australia (2020). *An Artificial Intelligence Standards Roadmap: Making Australia's Voice Heard*. Standards Australia. Abgerufen am 15.07.2022 von https://www.standards.org.au/getmedia/ede81912-55a2-4d8e-849f-9844993c3b9d/R_1515-An-Artificial-Intelligence-Standards-Roadmap-soft.pdf.aspx
- Stemmer, M. & Goldacker, G. (2014). *Standardisierung für die öffentliche IT (1. Auflage)*. Kompetenzzentrum Öffentliche IT, Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS, Berlin.
- Straub, S. (2022). *Die Regulierung von Künstlicher Intelligenz: Auswirkungen der geplanten KI-Verordnung auf Bildungsplattformen*. https://www.ueberaus.de/l.php?files%7Cinvite%40ueberaus.de%7C%2F05_Handreichungen%2F%2C%9Cberblick_KI-Verordnung.pdf%7C/ (INVITE-internes Dokument).
- The Alan Turing Institute (2022). *Standards Database*. Abgerufen am 10.12.2022 von AI Standards Hub: <https://aistandardshub.org/ai-standards-search/>
- Tuomi, I. (2020). *Research for CULT Committee - The use of Artificial Intelligence (AI) in education*. Policy Department for Structural and Cohesion Policies - European Parliament.
- Wahlster, W. & Winterhalter, C. (2020). *German Standardization Roadmap on Artificial Intelligence. First Edition*. Abgerufen am 30.07.2022 von [www.din.de: https://www.din.de/en/innovation-and-research/artificial-intelligence/ai-roadmap/first-edition-of-the-german-standardization-roadmap-artificial-intelligence](https://www.din.de/en/innovation-and-research/artificial-intelligence/ai-roadmap/first-edition-of-the-german-standardization-roadmap-artificial-intelligence)
- Weitekamp, D., Harpstea, E. & Koedinger, K. R. (2020). An Interaction Design for Machine Teaching to Develop AI Tutors. *CHI '20: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (S. 11).

- Wollny, S., Schneider, J., Mitri, D. D., Weidlich, J., Rittberger, M. & Drachsler, H. (2021). Are We There Yet? - A Systematic Literature Review on Chatbots in Education. *Frontiers in Artificial Intelligence*.
- Yang, Q., Fan, L., Tong, R. & Lv, A. (2021). IEEE Federated Machine Learning. *IEEE Federated Machine Learning - White Paper*.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. & Gouverneur, F. (2019). Systematic Review of Research on Artificial Intelligence Applications in Higher Education – Where Are the Educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(39), 27.

5 Anhang

Der Anhang enthält eine Liste aller veröffentlichten und in der Entwicklung befindlichen KI-Standards, die bei der Betrachtung der verschiedenen Anwendungsbereiche von KI im Bereich Bildung und Lernen von besonderem Interesse sein können. Die Liste wird als Referenz mit Links zu den Originalquellen bereitgestellt und kann auch eine Grundlage für zukünftige Überlegungen für die Entwicklung von weiteren KI-Standards zum Thema Bildung dienen.

Datenstandards

Veröffentlichte Standards:

1. [IEEE 2807-2022](#) IEEE Approved Draft Framework of Knowledge Graphs
2. [ISO/IEC 20546:2019](#) Information technology — Big data — Overview and vocabulary
3. [ISO/IEC TR 20547-1:2020](#) Information technology — Big data reference architecture — Part 1: Framework and application process
4. [ISO/IEC TR 20547-2:2018](#) Information technology — Big data reference architecture — Part 2: Use cases and derived requirements
5. [ISO/IEC 20547-3:2020](#) Information technology — Big data reference architecture — Part 3: Reference architecture
6. [ISO/IEC TR 20547-5:2018](#) Information technology — Big data reference architecture — Part 5: Standards roadmap

In Entwicklung befindliche Standards:

7. [ISO/IEC CD 5259-1](#) Artificial intelligence — Data quality for analytics and machine learning (ML) — Part 1: Overview, terminology, and examples
8. [ISO/IEC CD 5259-2](#) Artificial intelligence — Data quality for analytics and machine learning (ML) — Part 2: Data quality measures
9. [ISO/IEC CD 5259-3](#) Artificial intelligence — Data quality for analytics and machine learning (ML) — Part 3: Data quality management requirements and guidelines
10. [ISO/IEC CD 5259-4](#) Artificial intelligence — Data quality for analytics and machine learning (ML) — Part 4: Data quality process framework

Methodische Standards

Veröffentlichte Standards:

11. [ISO/IEC TR 24372:2021](#) Information technology — Artificial intelligence (AI) — Overview of computational approaches for AI systems
12. [ISO/IEC 23053:2022](#) Framework for Artificial Intelligence (AI) Systems Using Machine Learning (ML)
13. [ISO/IEC TS 4213:2022](#) Information technology — Artificial intelligence — Assessment of machine learning classification performance
14. [ISO/IEC TR 24029-1:2021](#) Artificial Intelligence (AI) — Assessment of the robustness of neural networks — Part 1: Overview
15. [IEEE 3333.1.3-2022](#) IEEE Standard for the Deep Learning-Based Assessment of Visual Experience Based on Human Factors
16. [IEEE 2841-2022](#) IEEE Approved Draft Framework and Process for Deep Learning Evaluation
17. [IEEE 3652.1-2020](#) IEEE Guide for Architectural Framework and Application of Federated Machine Learning
18. [IEEE 1855-2016](#) IEEE Standard for Fuzzy Markup Language
19. [IEEE 2660.1-2020](#) IEEE Recommended Practice for Industrial Agents: Integration of Software Agents and Low-Level Automation Functions
20. [DIN SPEC 13266](#) Guideline for the development of deep learning image recognition systems
21. [ITU-T F.748.12 \(06/2021\)](#) Deep learning software framework evaluation methodology
22. [ITU-T F.746.5 \(12/2017\)](#) Framework for a language learning system based on speech and natural language processing (NLP) technology
23. [ITU-T F.746.10 \(08/2020\)](#) Architecture for a spontaneous dialogue processing system for language learning
24. [ITU-T F.746.3 \(11/2015\)](#) Intelligent question answering service framework

In Entwicklung befindliche Standards:

25. [P2807.1](#) Standard for Technical Requirements and Evaluation of Knowledge Graphs
26. [P3110](#) Standard for Computer Vision (CV) - Algorithms, Application Programming Interfaces (API), and Technical Requirements for Deep Learning Framework

Standards zu Sicherheit und Risikomanagement

Veröffentlichte Standards:

27. [IEEE 2830-2021](#) IEEE Standard for Technical Framework and Requirements of Trusted Execution Environment based Shared Machine Learning
28. [ETSI GR SAI 004 V1.1.1 \(2020-12\)](#) Securing Artificial Intelligence (SAI); Problem Statement
29. [ETSI GR SAI 001 V1.1.1 \(2022-01\)](#) Securing Artificial Intelligence (SAI); AI Threat Ontology
30. [ETSI GR SAI 002 V1.1.1 \(2021-08\)](#) Securing Artificial Intelligence (SAI); Data Supply Chain Security
31. [ETSI GR SAI 005 V1.1.1 \(2021-03\)](#) Securing Artificial Intelligence (SAI); Mitigation Strategy Report

32. ETSI GR SAI 006 V1.1.1 (2022-03) Securing Artificial Intelligence (SAI); The role of hardware in security of AI

In Entwicklung befindliche Standards:

33. P2986 Recommended Practice for Privacy and Security for Federated Machine Learning
34. ISO/IEC CD TR 5469 - Artificial intelligence — Functional safety and AI systems

Standards zu Ethik, Erklärbarkeit und Mensch-Computer-Interaktion

Veröffentlichte Standards:

35. ISO/IEC TR 24368:2022 Information technology — Artificial intelligence — Overview of ethical and societal concerns
36. ISO/IEC TR 24027:2021 Information technology — Artificial intelligence (AI) — Bias in AI systems and AI aided decision making
37. ISO/IEC TR 24028:2020 Information technology — Artificial intelligence — Overview of trustworthiness in artificial intelligence
38. IEEE 7000-2021 IEEE Standard Model Process for Addressing Ethical Concerns during System Design
39. IEEE 7001-2021 IEEE Standard for Transparency of Autonomous Systems
40. IEEE 7007-2021 IEEE Ontological Standard for Ethically Driven Robotics and Automation Systems
41. ITU-T F.746.11 (08/2020) Interfaces for intelligent question answering system
42. ITU-T H.862.5 (06/2021) Emotion enabled multimodal user interface based on artificial neural networks

In Entwicklung befindliche Standards:

43. P2976 Standard for XAI – eXplainable Artificial Intelligence - for Achieving Clarity and Interoperability of AI Systems Design
44. P2894 Guide for an Architectural Framework for Explainable Artificial Intelligence
45. P7003 Algorithmic Bias Considerations
46. P7004 Standard for Child and Student Data Governance
47. P7004.1 Recommended Practices for Virtual Classroom Security, Privacy and Data Governance
48. P7008 Standard for Ethically Driven Nudging for Robotic, Intelligent and Autonomous Systems
49. P7009 Standard for Fail-Safe Design of Autonomous and Semi-Autonomous Systems
50. P7014 Standard for Ethical considerations in Emulated Empathy in Autonomous and Intelligent Systems

Governance- und Qualitätsstandards

Veröffentlichte Standards:

51. ISO/IEC 38507:2022 Information technology — Governance of IT — Governance implications of the use of artificial intelligence by organizations
52. ISO/IEC 24668:2022 Information technology — Artificial intelligence — Process management framework for big data analytics
53. IEEE 2937-2022 IEEE Standard for Performance Benchmarking for AI Server Systems
54. IEEE 7010-2020 IEEE Recommended Practice for Assessing the Impact of Autonomous and Intelligent Systems on Human Well-Being
55. Part 1 of the DIN SPEC 92001 Artificial Intelligence — Life Cycle Processes and Quality Requirements — Part 1: Quality Meta Model
56. Part 2 of the DIN SPEC 92001 Artificial Intelligence — Life Cycle Processes and Quality Requirements — Part 2: AI robustness

In Entwicklung befindliche Standards:

57. ISO/IEC 5338 - Information technology — Artificial intelligence — AI system life cycle processes
58. ISO/IEC DIS 42001 Information technology — Artificial intelligence — Management system
59. ISO/IEC FDIS 23894 Information technology — Artificial intelligence — Guidance on risk management
60. ISO/IEC AWI 5259-5 - Artificial intelligence — Data quality for analytics and machine learning (ML) — Part 5: Data quality governance
61. P2863 Recommended Practice for Organizational Governance of Artificial Intelligence
62. P2840 Standard for Responsible AI Licensing