

Anmerkungen zur Künstlichen Intelligenz als Thema im Schulunterricht

Peter Micheuz

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Institut für Informatik Fachdidaktik, Österreich
peter.micheuz@aau.at

Abstract.

Aufgrund der jüngsten Entwicklungen auf dem atemberaubenden Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) und ihrer Auswirkungen auf die meisten Lebensbereiche bietet dieser Beitrag einen Überblick und konzentriert sich dabei auf aktuelle Ansätze insbesondere in Schulen. Nach einer Klärung der Terminologie in einem breiteren Kontext und nach einer kurzen Reise in die Vergangenheit der KI in Schulen werden aktuelle Initiativen und KI-bezogene Ansätze auf schulischer Ebene beschrieben. Im folgenden Kapitel wird der disziplinäre Aspekt der KI betont. Der Artikel schließt mit Einschätzungen und Implikationen in Bezug auf die Theorie und Praxis der (schulischen) KI-Bildung.

Keywords.

Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Deep Learning, Data Science, Fachgebiet, Schulbildung, Informatik, Didaktik

1. Einleitung

Einen Beitrag über Künstliche Intelligenz in Schulen zu schreiben, ist herausfordernd. Das liegt zum einen an der Fülle relevanter, bereits jetzt vorhandener On- und Offline-Ressourcen, zum anderen an der Schwierigkeit, den Überblick über viele Studien und bereits existierende Initiativen auf diesem Gebiet zu behalten. In diesem Beitrag wird der Versuch eines kursorischen Streifzuges in diesen facettenreichen und attraktiven Fachbereich unternommen.

Das Tempo der jüngsten Entwicklungen in der KI hat nicht nur Insider überrascht, sondern auch die Öffentlichkeit, und steht möglicherweise kurz davor, auch im Schulunterricht eine stärkere Rolle zu spielen. Wenn es noch eines Beweises bedurfte, daß das Fach Informatik in den Schulen noch weit davon entfernt ist in sich zu ruhen die Lehrpläne keine größeren Überarbeitungen mehr benötigen, dann ist das komplexe Fachgebiet rund um Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen ein gutes Beispiel dafür.

Auf Grundlage eines großen Angebots von Publikationen, Abhandlungen und einer lebendigen Blogosphäre über die KI-Terminologie gibt (das spezielle KI-Glossar von Wikipedia umfaßt bereits mehr als 300 Begriffe) wird im ersten Kapitel ein kompakter Überblick gegeben.

In den späten 80-er Jahren des vorigen Jahrhunderts, als das Fach Informatik noch in den Kinderschuhen steckte, spielte die KI bereits eine gewisse Rolle, die aber in den letzten dreißig Jahren parallel zu den damals überzogenen Erwartungen wieder verschwand. Das dritte Kapitel gibt einen Einblick in diese historische Episode. Das darauf folgende Kapitel befaßt sich mit einer Übersicht über aktuelle Initiativen und KI-bezogenen Schulprojekte. Anschließend wird der interdisziplinäre Charakter der KI behandelt, gefolgt von einer kurzen Zusammenfassung, in der schulpraktische Aspekte angesprochen werden.

Nicht zuletzt durch die gesellschaftlich hohe Relevanz des Themas ist die Bildungspolitik und Didaktik gefordert, gute Praktiken in der KI-(Aus)Bildung anzubieten und ein möglichst vollständiges und realistisches, multiperspektivisches Bild der "Automatisierung des Geistes" und

der "Autonomisierung der Maschinen" zu vermitteln. Es ist zu erwarten, daß die KI keine Modeerscheinung ist und hier ist, um in der Schulbildung Fuß zu fassen und zu bleiben. Entsprechend dem Titel befaßt sich dieser Beitrag mit dem "Lernen über KI" und geht nicht auf das "Lernen durch KI" im Zusammenhang mit Bildungstechnologien ein. Eine Anmerkung zu diesem Thema sei an dieser Stelle aber gestattet.

KI hat das Potential, eine wichtige Rolle im Rahmen von digitalen Bildungstechnologien mit vielen möglichen Anwendungen zu spielen. Da ist von inspirierendem und personalisiertem Lernen die Rede (learning analytics), von einer (automatischen) Beurteilungserleichterung, unterstützten und automatisierten Sprachenlernen und immer besser werdenden Übersetzungsalgorithmen usw. bis hin zu den weniger erfreulichen wie dem technisch versierten Schwindeln (cheating).

Wir wissen es einfach noch nicht, wie die Digitalisierung der Bildung und die Einführung der KI-Methoden das Lernen in diesem Jahrzehnt prägen wird (Edtechreview, 2020).

2. Worum geht es dann?

Beginnen wir mit einem Begriff, der manchmal auch in einem Bildungskontext verwendet wird: "Deep Learning". Er steht (auch) für sinnvolles, bedeutsames Lernen, im Gegensatz zum weitverbreiteten oberflächlichen, wenig nachhaltigen Auswendiglernen. Darauf wird am Ende dieses Artikels kurz eingegangen.

Deep Learning in Bezug auf KI ist eine Methode, die die Arbeitsweise des menschlichen Gehirns bei der Verarbeitung großer Daten für die Verwendung bei Vorhersagen und Entscheidungsfindung nachahmt. Ihre Ergebnisse beeinflussen unser Leben bereits in einer Weise, die vor einigen Jahren noch unvorhersehbar waren. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die meisten von uns unbewußt und täglich Modelle des Deep Learning anwenden. Ein solches Modell wird beispielsweise bereits bei Internet-Suchmaschinen, Gesichtserkennungssystemen, Übersetzungssystemen oder bei Sprachschnittstellen zu intelligenten Geräten verwendet. Dementsprechend kann Deep Learning als eine der leistungsstärksten und am schnellsten wachsenden Anwendungen der künstlichen Intelligenz innerhalb des Teilgebiets des maschinellen Lernens angesehen werden.

2.1. Von Deep Learning zur Künstlichen Intelligenz

Maschinelles Lernen ist zwar einer der wichtigsten und prominentesten Ansätze im Rahmen der Künstlichen Intelligenz, aber nicht der einzige. Von vielen ähnlichen Definitionen mit fast identischer Semantik sei hier die (aktuelle) Definition von Wikipedia angeführt: "Maschinelles Lernen ist ein Oberbegriff für die „künstliche“ Generierung von Wissen aus Erfahrung: Ein künstliches System lernt aus Beispielen und kann diese nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern. Dazu bauen Algorithmen beim maschinellen Lernen ein statistisches Modell auf, das auf Trainingsdaten beruht. Das heißt, es werden nicht einfach die Beispiele auswendig gelernt, sondern Muster und Gesetzmäßigkeiten in den Lerndaten erkannt. So kann das System auch unbekannte Daten beurteilen (Lerntransfer) oder aber am Lernen unbekannter Daten scheitern [...] Mögliche Anwendungen sind: automatisierte Diagnoseverfahren, Erkennung von Kreditkartenbetrug, Aktienmarktanalysen, Klassifikation von Nukleotidsequenzen, Sprach- und Texterkennung sowie autonome Systeme." (Wikipedia, 2020)

Alle drei Bereiche, Deep Learning (DL), maschinelles Lernen (ML) und KI stehen in einer hierarchischen Beziehung zueinander (Abb. 1), obwohl sich das Konzept dessen, was KI definiert, im Laufe der Zeit verändert hat. Im Zentrum stand aber immer die Idee, Maschinen (Computer) zu bauen, die in der Lage sind, wie Menschen zu "denken". Das Forschungsgebiet - mit bereits wirkungsvollen und fruchtbaren Anwendungen in den letzten Jahren - ist als "maschinelles Lernen" bekannt geworden. Mehr noch, es ist so integraler Bestandteil der heutigen KI geworden, daß die

Begriffe "künstliche Intelligenz" und "maschinelles Lernen" manchmal synonym verwendet werden.

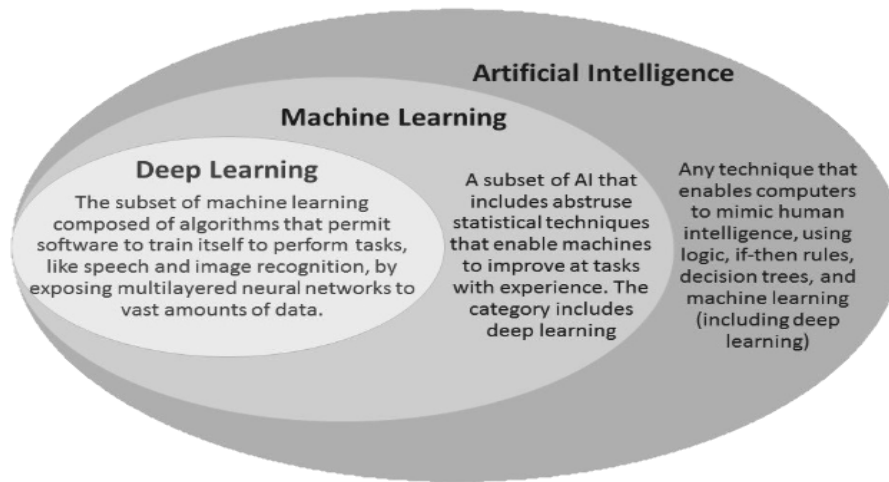


Abbildung 1: Beziehung zwischen DL, ML and KI (Dhande, 2017)

Bei der Lösung von Problemen, die früher als zu komplex galten, hat die künstliche Intelligenz mit Hilfe des Modells des Deep Learnings und der neuronalen Netze, und unter Verwendung großer Datenmengen sowie einer rasch wachsenden Rechenleistung, viele Bereiche revolutioniert. Im Allgemeinen basiert die Künstliche Intelligenz auf Algorithmen, die auf mathematisch-statistische Modelle zurückzuführen sind und kognitive Prozesse simulieren können, die vorher dem menschlichen Gehirn vorbehalten waren. Beispiele hierfür sind bilderkennende und bilderzeugende Verfahren durch Algorithmen, Spracherkennung, Übersetzungen zwischen Sprachen sowie automatisierte Textproduktion, prognostische Verfahren und automatisierte Entscheidungsfindungen in diversen Anwendungsfeldern sowie autonomes Fahren und Fliegen. Neben anderen Trends in der Informationstechnologie wie dem Internet der Dinge, Robotik, 3D-Druck, Big Data, Blockchain-Technologie, augmentierte und virtuelle Realität ist die KI eines der führenden Themen unserer digital durchdrungenen Welt. KI wird oft von irreführenden Geschichten begleitet und löst damit in der breiten Öffentlichkeit divergierende Gefühle aus, die von utopischer Begeisterung bis hin zu dystopischer Angst reichen. Dementsprechend ist es eine große Herausforderung für Bildung und Schulen, allen Schüler*innen ein fundiertes Verständnis für Künstliche Intelligenz zu vermitteln.

Wie jede neue technologische Errungenschaft ist derzeit vor allem Deep Learning als Hauptanwendung des maschinellen Lernens von dystopischen Implikationen begleitet (Überwachungsstaat, Deep Fake, etc.). Es ist möglicherweise beunruhigend, daß die Spur von Daten und Metadaten, die wir oft freiwillig und weitgehend unbemerkt hinterlassen und liefern, wenn wir uns durch die Online-Welt bewegen, ebenfalls mit Hilfe von Modellen des Deep Learning verarbeitet und analysiert wird. Daher ist es wichtig, zu verstehen, was das Wesen der künstlichen Intelligenz ist, wie intelligente Technologien funktionieren, wozu sie in der Lage sind und wo ihre derzeitigen Grenzen liegen (Kelleher, 2019).

Die Definition von KI ist ein sich ständig bewegendes Ziel. Dinge, die früher im Bereich der künstlichen Intelligenz betrachtet wurden – z.B. optische Zeichenerkennung und Computerschach – werden heute bereits als Routine wahrgenommen. Heutzutage verwenden Robotik, Bilderkennung, Verarbeitung natürlicher Sprache, Echtzeit-Analyse-Tools und verschiedene verbundene Systeme innerhalb des Internet der Dinge (IoT) alle zunehmend KI, um mit fortschrittlicheren Funktionen und Fähigkeiten ergänzt zu werden.

Deep Learning und/oder neuronale Netze erhalten derzeit die meiste Aufmerksamkeit, weil sie sich besonders gut für Aufgaben mit Bild-, Video- und Audiodaten eignen ("All the cool stuff is happening in AI right now" (Vincent, 2019). Für Text und numerische Informationen können ältere Methoden des maschinellen Lernens aber immer noch besser geeignet sein.

Die transformativen Auswirkungen auf die Technologie werden in den kommenden Jahrzehnten zunehmen, wobei die Entwicklung und Einführung des Deep Learning weiterhin durch den Zugriff auf extrem wachsende Datensätze, die Entwicklung neuer Algorithmen und verbesserte Hardware vorangetrieben wird. Diese Trends sind nicht aufzuhalten.

2.2 Künstliche Intelligenz in einem weiteren Kontext

Wir können die künstliche Intelligenz nicht ohne den hochgradig verwandten und sich überschneidenden weiten Bereich der Data Science diskutieren (Abb. 2). Einfach ausgedrückt, handelt es sich bei Data Science um Zugänge zur Untersuchung von Daten, deren Entwicklung von Methoden zur Aufzeichnung, Speicherung und Analyse, um effektiv nützliche Informationen zu extrahieren. Das Ziel von Data Science ist es, Erkenntnisse und Wissen aus strukturierten und unstrukturierten Daten zu gewinnen. Es ist die Wissenschaft, die das Sprichwort "Daten sind das neue Öl" zum Leben erweckt.

Daten sind sehr wenig wert, wenn es keine qualifizierten Fachleute gibt, die daraus Handlungs- und Entscheidungswissen ableiten können. Zweifellos ist die Kompetenz, Daten zu verstehen, zu nutzen, zu verarbeiten und zu interpretieren, unentbehrlich geworden und eine Voraussetzung für ein wachsendes Spektrum von Berufen und Karrieren. (Große) Datensammlungen sind allgegenwärtig. Es wird geschätzt, daß etwa neunzig Prozent der weltweiten Daten in den letzten zwei Jahren erstellt wurden (Marr, 2018/1).

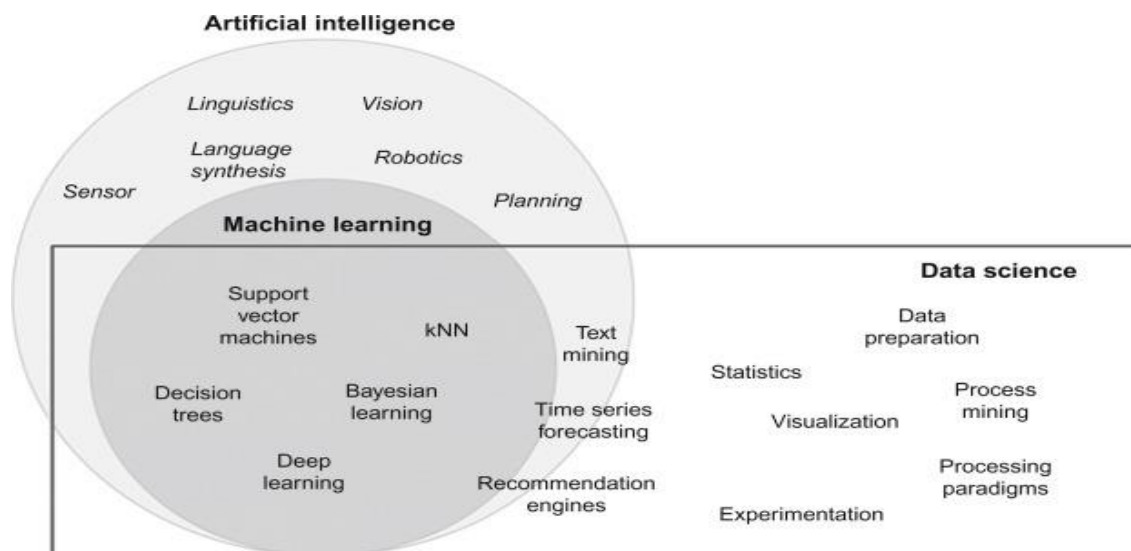


Abbildung 2: Einordnung von Machine Learning in Bezug auf Data Science und Künstliche Intelligenz (Kotu & Deshpande, 2019)

Die Beherrschung von Data Science und die Nutzbarmachung von Daten erfordert ein solides mathematisches und informatisches Grundlagenwissen. Die digitale Verarbeitung und Strukturierung von (großen) Datenmengen basiert auf statistischen Grundlagen, Programmierung, der Anwendung von adäquaten Software-Werkzeugen, analytisch-logischem Denken und Problemlöse-Orientierung (computational thinking) und ist "eine Wissenschaft für sich".

Die neue datengetriebene Welt und deren mediale Manifestationen erfordern von den Menschen eine ständige Trennung von Fakt und Fiktion. Kurz gesagt, die Notwendigkeit, Daten zu analysieren und zu interpretieren, beschränkt sich nicht mehr nur auf das Ingenieurwesen oder die Computerprogrammierung; sie ist zu einer Schlüsselkompetenz geworden. Dennoch hinkt die Bildungslandschaft hinterher. Die Schulen haben bis heute nicht erkannt, welche Veränderungen die Datenexplosion in der Gesellschaft bewirkt hat. Die Lehrpläne, die wir derzeit unterrichten, sollten überarbeitet werden und eine höhere Praxisrelevanz für das 21. Jahrhundert haben. Die Kluft zwischen den Kompetenzen, die die Schüler im Leben brauchen, und dem, was in den Schulen gelehrt wird, scheint nicht kleiner zu werden. Data Science einschließlich KI sollten Bausteine einer modernen Schulbildung sein.

Natürlich ist das Maschinelle Lernen einer der wichtigsten Ansätze in Bezug auf KI, aber es muß im breiteren Kontext der Data Science gesehen werden, die Bereiche wie die oft unterschätzte und mühsame Datenaufbereitung einerseits und den faszinierenden Bereich der Datenvisualisierung andererseits umfaßt.

Bevor Lernmaschinen und maschinelles Lernen uns in (noch) bestimmten Situationen Anregungen und Vorhersagen liefern (im Gegensatz zur "allgemeinen künstlichen Intelligenz" mit superintelligenten Robotern, die die Fähigkeiten von Menschen übersteigen), müssen sie mit (großen) Datensätzen trainiert werden, was durch "überwachtes", "unüberwachtes" oder durch "verstärktes Lernen" erreicht werden kann. Kurz gesagt, überwachtes Lernen erfordert die Bereitstellung von Trainingsdaten und korrekten Antworten, unüberwachtes Lernen tritt auf, wenn Maschinen von einem Datensatz allein lernen, und verstärktes Lernen basiert auf ständigem Feedback aus der Umgebung.

Maschinelles Lernen verwendet Algorithmen, um aus Daten und Datenmustern zu lernen, und das erworbene Wissen kann für Vorhersagen und Entscheidungen verwendet werden. Apropos Daten! Während die KI erst am Anfang steht, um in Lehrpläne und Unterricht aufgenommen zu werden, sind Daten schon seit langem ein Baustein der Informatik. In einigen Ländern war der Begriff "Elektronische Datenverarbeitung" der Vorläufer für das spätere Fach "Informatik".

Dementsprechend ist die KI natürlich in alle Aspekte und Bereiche rund um Daten eingebettet, d.h. Datenkompetenz und Datenmanagement. Kürzlich wurden ein umfassendes Modell von Schlüsselkonzepten und ein Kompetenzmodell zur "Data Competency" veröffentlicht (Grillenberger, 2017, 2018). Diese ganzheitliche Sicht auf Daten zeigt überzeugend, daß die datengetriebene Computerausbildung sehr breit gefächert ist, wobei die KI dabei eine zunehmend wichtige Rolle spielt.

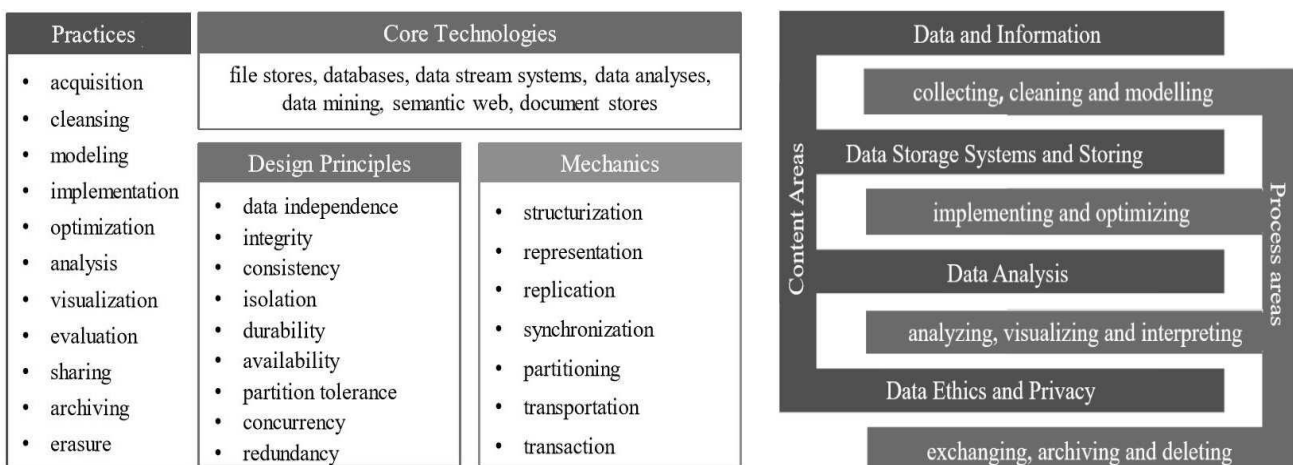


Abbildung 3. Schlüsselkonzepte von Data Management und Kompetenzmodell und Data Literacy

3 Historischer Kontext

Obwohl die KI als öffentlichkeitswirksames Thema der (digitalen) Technologien und als treibende Kraft hinter vielen technologischen Durchbrüchen der letzten Jahre angesehen werden kann, ist zumindest der Begriff nicht ganz neu. Während der letzten Jahrzehnte hat sich die KI aus dem Bereich der Sciencefiction erst in den letzten Jahren in die reale Welt bewegt, obwohl es die Theorie und die Grundlagen der Informatik als ihre Fundamente schon seit Jahrzehnten gibt. Es gibt viele sehr nützliche Ressourcen im Internet, die diese Zeitachse im Allgemeinen und die erstaunlichen Meilensteine der KI im Besonderen beschreiben (Marr, 2018/2). Diese wertvollen Inhalte im Web können von den Schülerinnen und Schülern in einem historischen und interdisziplinären Kontext aufgearbeitet, genutzt und diskutiert werden.

Lange bevor Roboter die utopischen und dystopischen Arenen der Science Fiction dominierten, dachte der Wissenschaftler und Philosoph Rene Descartes bereits im 17. Jahrhundert über Denk- und Entscheidungsmaschinen nach. Zwar lag er mit seiner Behauptung falsch, dass sie niemals wie Menschen sprechen könnten, aber er unterschied bereits zwischen Maschinen, die eines Tages vielleicht lernen könnten, eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen, und solchen, die sich an jede Aufgabe anpassen könnten. Heute sind diese beiden Bereiche als spezialisierte und allgemeine KI bekannt.

Der Ursprung des Begriffs "künstliche Intelligenz" geht auf eine Konferenz am Dartmouth College (USA) im Jahr 1956 zurück, Jahre bevor das Fach Informatik (Informatik, Informatik, Informationstechnologie) in einigen Ländern in die Lehrpläne der Stundenpläne und entsprechend in die Lehrbücher über Informatik Eingang fand.

Wir wissen sehr wenig darüber, was im Informatikunterricht in den achtziger Jahren des letzten Jahrzehnts wirklich gelehrt wurde, aber einige Lehrbücher weisen darauf hin, dass die KI damals zumindest Teil der Lehrpläne und Empfehlungen war.

In ihrer bahnbrechenden und modernen Einführung in die Informatik von Goldschlager und Lister befindet sich das Thema Künstliche Intelligenz im Kapitel "Algorithmen in Aktion: einige Computeranwendungen", unterteilt in "Kann Maschine denken?", Computerspiele, unverständliche Sprache, visuelle Wahrnehmung, Wissensrepräsentation und Expertensysteme (Goldschlager & Lister, 1988). Das Buch endet mit der (philosophischen) Frage "Überflüssiger Mensch? Mit ihrer tröstlichen Behauptung, dass der Mensch mit seinen kreativen Fähigkeiten, seiner Innovationskraft und Originalität niemals überflüssig sein wird, hatten die Autoren Recht. Aber hatten sie Recht mit der Aussage "Computer führen (nur) sich wiederholende Aufgaben aus"?

Das Jahr 1987 ist insofern bemerkenswert, als der Autor dieser Arbeit lehrplangemäß fast ein Semester lang KI unterrichtete. KI konnte im Lehrplan als eines unter folgende Themen gewählt werden: Statistische und prognostische Verfahren, Programmiersprachen und Softwareprodukte, Anwendungen der Mikroelektronik in der Wirtschaft, und schließlich künstliche Intelligenz, Expertensysteme, Autorensysteme und komplexe Simulationen.

Das Jahr 1987 war auch gekennzeichnet durch den Hype um (das textbasierte) Turbo Prolog (Abb. 4) im Anschluß an den Siegeszug von Turbo Pascal. Dieser Hype dauerte nur kurz, und aufgrund der aufkeimenden grafischen Benutzerschnittstellen, Standard-Softwareanwendungen, weiterer Programmiersprachen und integrierter Entwicklungsumgebungen wie Visual Basic und Delphi, dem MS-Windows basierten Nachfolger von Turbo Pascal, verschwand Turbo-Prolog aus dem Informatikunterricht.

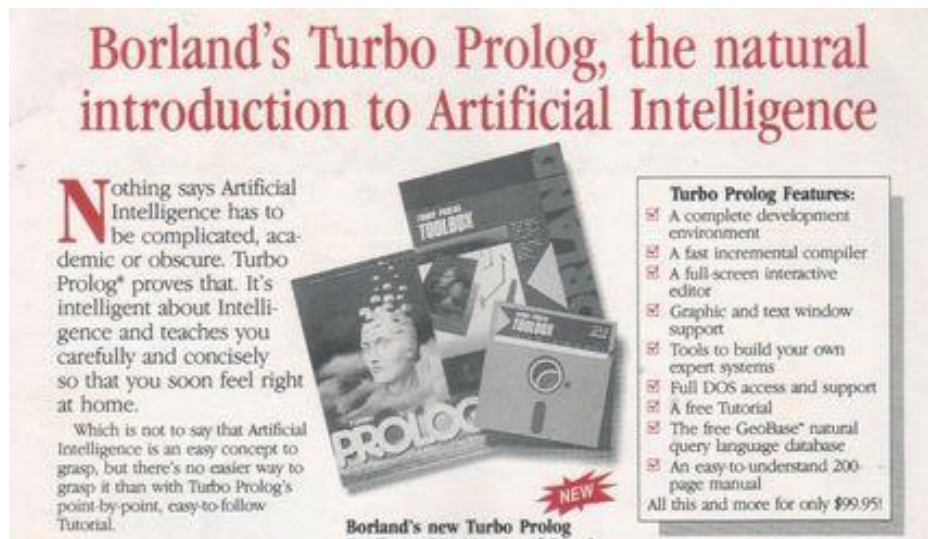


Abbildung 4: Erinnerungen an eine vergangene Zeit (Prolog, 1986)

Etwa zehn Jahre später enthielt das erste deutsche umfassende Lehrbuch zur "Didaktik der Informatik" ein vollständiges Kapitel über "Künstliche Intelligenz" (Baumann, 1996), in dem die KI als akademische Disziplin mit ihren Unterabschnitten natürlichsprachliche Systeme, Expertensysteme, Robotik, Computersehen genannt wurde, gefolgt von einer kurzen historischen Zusammenfassung und vagen Erläuterungen zur Kognitionswissenschaft, einschließlich einer skeptischen Betrachtung neuronaler Netze. Darin wies der Autor Baumann Aussagen (seiner Studenten) wie "neuronale Netze können lernen" als unsachgemäßen Sprachgebrauch zurück. Eine ähnliche Fehleinschätzung ist in Rechenbergs "Was ist Informatik" (Rechenberg, 2000) zu lesen, wo neuronale Netze als Nachkommen bezeichnet werden, die nicht wirklich zur künstlichen Intelligenz gehören. "Es sieht so aus, als sei diese Idee zum Scheitern verurteilt. [...] Neuronale Netze haben eine gewisse Anwendbarkeit bewiesen, aber ihre Leistungsfähigkeit sollte sehr vorsichtig eingeschätzt werden. Es gibt viele Beispiele, für die viel effizientere Lösungen mit anderen mathematisch vertrauenswürdigen Verfahren gefunden wurden. Was folgte, war ein "KI-Winter" auch in den Schulen, bis vor kurzem. Derzeit sind wir Zeugen eines "KI-Frühlings", nicht nur in Forschung und Wirtschaft, sondern langsam auch in den Schulen, in denen der KI-Unterricht flächendeckend wohl noch einige Zeit in den Kinderschuhen stecken wird.

4 Aktuelle KI-Initiativen und Ansätze im schulischen Unterricht

Nach dem KI-Hype in den achtziger Jahren in Form eines klassischen regelbasierten Ansatzes, von Expertensystemen und der Programmiersprache Prolog beobachten wir derzeit eine Wiederbelebung dieses Bereichs, die durch einige vielversprechende Ansätze angeheizt wird. Die Zeichen stehen derzeit gut, dass Künstliche Intelligenz in den Informatikunterricht in angemessener und nachhaltiger Weise eingeführt werden könnte.

Die vielleicht am weitesten fortgeschrittene Entwicklung bei der Einführung der KI im Unterricht der Sekundarstufe findet sich in China, wo ein Lehrbuch über KI neu geschrieben und veröffentlicht wurde. Das alte Lehrbuch in diesem Bereich umfaßte hauptsächlich die Themen Wissensrepräsentation, Argumentation, Expertensystem, Suche usw., während die Kernkonzepte des neuen Lehrbuchs intelligente Systeme, künstliche neuronale Netze und maschinelles Lernen umfassen. Die Verlagerung des Schwerpunkts von Expertensystemen auf die Analyse und den Entwurf intelligenter Systeme unter Einbeziehung modernster KI-Konzepte ist auf den richtigen Weg gebracht worden (Yu & Chen, 2018).

In England bietet die Initiative "Computer Science for fun", ein (Online-)Magazin, in dem "die digitale Welt auf die reale Welt trifft", viele Ideen und Lehrmaterialien für maschinelles Lernen an (<http://www.cs4fn.org/machinelearning>), mit dem so genannten "Sweet learning computer (a simplified chess game)" als Beispiel (Curzon & McOwan, 2016).

Mit Blick auf Deutschland gibt es verschiedene Ansätze und Initiativen, KI-bezogene Projekte und Studien in Schulen zu pilotieren. Diese reichen von "unplugged" Aktivitäten auf diesem Gebiet (Seegerer, 2019), schüleraktivierenden Projekten, wie Neuronen bei der Steuerung von Robotern arbeiten und lernen (Strecker & Modrow, 2019), bis hin zu maschinellem Lernen im Kontext von Data Science (Schlichtig., 2019).



Abbildung 5. Von einer phänomenologischen KI zum Deep Learning

Bildererkennung und -erzeugung, die für Schüler*innen der augenscheinlichste Aspekt der KI, kann bereits für eine junge Altersgruppe phänomenologisch behandelt und diskutiert werden, z.B. am Beispiel von Google's Autodraw. Die Frage, ob und wie ein Computer Tiere (wie die deformierte Giraffe in Abb. 5) erkennt, kann ein Ausgangspunkt für interessante Unterrichtsstunden sein. Auch Captchas als "Inkarnation" des historischen Turingtests, einschließlich der Frage, wie lange es dauert, bis tiefes Lernen auch diese Rätsel löst. Die rechte obere Fläche in Abb. 5. ist eine Fälschung, sie existiert in Wirklichkeit nicht und ist KI-generiert. Die Website, die von einem Software-Team einer bekannten Firma (© Nvidia, "thispersondoesnotexist.com") zur Verfügung gestellt wird, kann inspirierende und anspruchsvolle KI-Lektionen auslösen, insbesondere dann, wenn unauffällig angezeigte Notizen in der unteren rechten Ecke erkannt werden (Abb. 6).

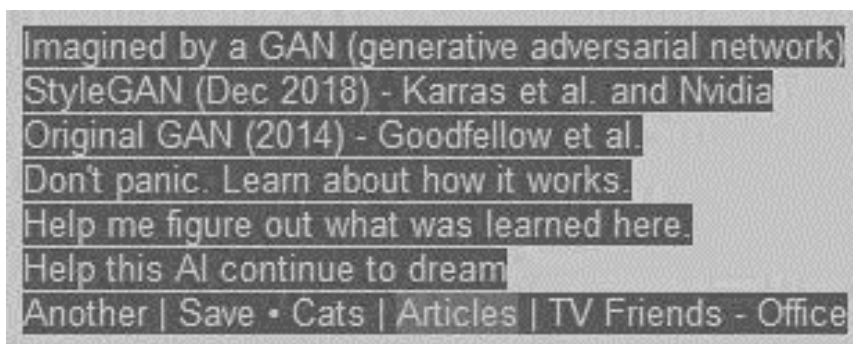


Abbildung 6. Ein Ausgangspunkt für "bedeutsames Deep Learning"

Durch Deep Learning hat die Zeichenerkennung (character recognition) große Fortschritte gemacht. Dieser Aspekt der KI wird fast täglich von allen Internetnutzern (unbewußt) genutzt und eignet sich daher für den Computerunterricht, für (un)beaufsichtigtes und verstärkendes Lernen durch Training mit Daten, untermauert durch theoretische Grundlagen.

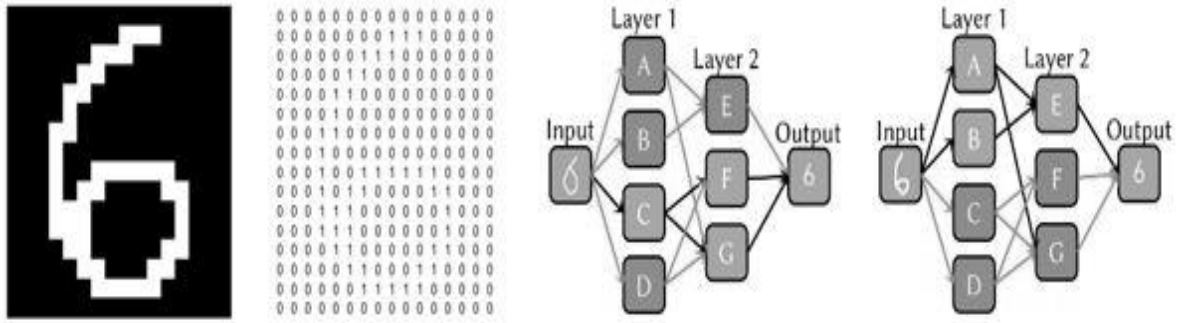


Abbildung 7. Zeichenerkennung und Deep Learning durch ein Neuronales Netzwerk (Ng & Soo, 2017)

5 Künstliche Intelligenz ist interdisziplinär

Wie kaum eine andere Wissenschaft ist die KI interdisziplinär. Sie nutzt viele interessante Ergebnisse aus so unterschiedlichen Bereichen wie Mathematik, Logik, Operations Research, Statistik, Regelungstechnik, Bildverarbeitung, Linguistik, Philosophie, Psychologie und Neurobiologie. Zudem muß bei vielen KI-Projekten das Feld der jeweiligen Anwendung berücksichtigt werden. Die erfolgreiche Bearbeitung von KI-Projekten ist daher nicht immer einfach, aber fast immer spannend und herausfordernd (Ertl, 2016).

Mindestens ebenso groß ist die Herausforderung, wenn man an die Einführung der KI in schulische Curricula denkt, da interdisziplinäre Aspekte eher die Ausnahme als die Regel sind.

In Deutschland ist im Rahmen des "Wissenschaftsjahres" eine bundesweite Initiative zur Vermittlung einer ganzheitlichen Sichtweise auf künstliche Intelligenz gestartet worden (Seegerer, 2019).

Ihre ehrgeizigen Ziele, die sich an die Zielgruppe der 12-18-jährigen Schülerinnen und Schüler richten, umfassen

- eine fundierte Erklärung, wie KI funktioniert
- Anregung eines gesellschaftlichen Diskurses über KI
- eine Reduzierung bestehender Mißverständnisse

Der Kurs besteht aus (bis zu) sechs Modulen, die umfangreiches Lehrmaterial enthalten und in folgende Teile gegliedert ist.

Modul 1: Einführung - Alltagserfahrungen der Studierenden mit KI

Dieses Modul soll bestehende Erfahrungen mit Künstlicher Intelligenz aktivieren und systematisieren. Es soll auch dazu beitragen, den Schüler*innen ihre bestehenden Einstellungen bewußt zu machen.

Modul 2: Wie funktioniert maschinelles Lernen?

Dieser Teil besteht aus dem Simulationsspiel "Mensch, Maschine!" und hilft den Studierenden anhand eines simplifizierten Schachspiels zu verstehen, wie das verstärkende maschinelle Lernen funktioniert. Sie simulieren eine Lernmaschine und beobachten den Lernprozeß.

Modul 3: Was ist der Unterschied zwischen Mensch und Maschine?

Dieses Modul thematisiert und systematisiert die Unterschiede zwischen Mensch und Maschine, wobei insbesondere die Konzepte der Intelligenz und des Lernens näher untersucht werden.

Modul 4: Historischer Überblick über die Entwicklung der Künstlichen Intelligenz

In diesem Modul werden verschiedene Aspekte aus den anderen Kapiteln klassifiziert und durch einen historisierenden Ansatz miteinander verknüpft.

Modul 5: Die Rollenverteilung von Mensch und Maschine - ethische und gesellschaftliche Aspekte. In diesem Teil werden die Rollen zwischen Mensch und Maschine genauer untersucht, wobei nicht nur die Rolle der Entwickler, sondern auch die Rolle der Benutzer berücksichtigt wird. Auch die Anwender tragen durch ihre Dateneingabe oder Datenspuren zur Weiterentwicklung von KI-Systemen bei.

Modul 6: In welcher KI-Welt wollen wir leben?

Die Schüler*innen entwickeln Szenarien und Ideen für eine KI-gesteuerte Welt, in der sie leben wollen und diskutieren, wie ihrer Meinung nach die Zukunft der KI gestaltet werden sollte.

Zeitgenössischer Computerunterricht (sollte) kontextualisierte Unterrichtskonzepte wie IniK, was "Informatik im Kontext" bedeutet (Diethelm & Koubek, 2011), verwenden. IniK basiert auf der Annahme, dass allein technische Computerkompetenzen nicht ausreichen, um die digitale Welt der IT-Systeme und digitalen Medien zu verstehen. Die Schüler*innen sollten in der Lage sein, diese selbstbestimmt zu nutzen. Dazu werden Fragen in den Mittelpunkt des Unterrichts gestellt, die über technische Fragen hinausgehen und den gesellschaftlichen Kontext, Aspekte der Wirtschaft, Kultur, Politik oder Recht miteinbeziehen (Coys, 2005). Die Beantwortung dieser komplexeren Fragestellungen ermöglicht die disziplinübergreifende Entwicklung von IT-Inhalten und kann zu nachhaltigen digitalen Kompetenzen führen.

Aspekte der KI sind geradezu prädestiniert, diesen interessanten Ansatz von IniK durch bereits empfohlene und ausgearbeitete Themen zu ergänzen, wie z.B. "Nur E-Mail(?) für Sie", "Mein Computer spricht mit mir!", "Intelligent und reich durch Apps", "Soziale Netzwerke" und "Traue keinem Bild!". "Informatik im Kontext" ist per se interdisziplinär und fachübergreifend angelegt. Geht man von realen, lebensnahen Bezügen (real world problems) aus, darf eher von einer Grundmotivation der Schüler*innen auszugehen sein als bei dekontextualisierten Inhalte. Jedoch muß angenommen werden, daß derzeit nur wenige Lehrerinnen und Lehrer in der Lage sind, fächerübergreifende Herausforderungen mit hoher fachlicher Kompetenz im Bereich der KI zu bewältigen. Vielleicht kann eine angemessene fächerübergreifende Lehrerbildung, in der sich Kollegen aus den relevanten Fächern zu einem Team zusammenschließen, der Schlüssel zur Abhilfe sein? Konzeption und Implementationsstrategien einer nachhaltigen KI-Didaktik liegen noch vor uns.

6 Schlussanmerkungen

Aus theoretischer Sicht deuten einige Studien darauf hin, dass viele scheinbar "intelligente" Systeme und KI im Informatikunterricht entmystifiziert werden können. Früher oder später wird dieser viel diskutierte und einflussreiche Bereich der Digitaltechnologie den Unterricht im Allgemeinen und die Schulinformatik im Besonderen erreichen.

Derzeit stellt jedoch eine konsistente und sinnvolle Herangehensweise, das (derzeit) heiße Thema KI in einer ausbalancierten Breite und Tiefe auf verschiedene Altersstufen zu unterrichten, eine große Herausforderung dar. Es macht einen großen Unterschied, sich diesem Thema

- aus einem gesellschaftlichen und philosophischem Blickwinkel (Reden und Argumentieren über KI)
- durch bewußte Wahrnehmung von KI-Anwendungen auf phänomenologischer Ebene (Kursorisches Wissen über KI und reflektierter Umgang mit KI-Anwendungen)

- durch Anwendung von geeigneten Software-Bibliotheken (mit implementierten und erprobten Methoden der Data Science und KI), das Grundkenntnisse der Schlüsselkonzepte und Programmiersprachen und -umgebungen voraussetzt (Anwendung von Methoden der KI)
- aus einer theoretischen mathematisch-statistischen Perspektive (Verständnis der Grundlagen und Methoden von Data Science und der KI)
- und schließlich aus einer praktisch-informatischen Perspektive mit programmiersprachlichem Hintergrund und Methoden des Software Engineerings (tiefes Verständnis der inneren Abläufe der KI-Algorithmen und deren Implementierung)

zu nähern.

Aus praktischer Sicht und mit dem Fokus auf Lernergebnissen macht es Sinn, die bahnbrechende und wegweisende (überarbeitete) Bloom'sche Taxonomie vor Augen zu haben, die vom bloßen Erinnern und grundlegenden Verständnis der KI bis hin zur Analyse, Synthese und dem kreativen Einsatz von KI-Anwendungen reicht. Unter Bezugnahme auf die "Tale of Three Learning Outcomes" (Mayer, 2002) mit den drei Kategorien "no learning", "rote learning" und "meaningful learning" stellt sich die Frage, wie viel Zeit in (immer) überfüllten Lehrplänen für KI-Inhalte überhaupt aufgewendet werden kann.

"Beutungsvolles Lernen" wird als ein wichtiges allgemeines Bildungsziel anerkannt und tritt auf, wenn Schülerinnen und Schüler ihr Wissen und die kognitiven Prozesse aufbauen, die für eine erfolgreiche Problemlösung notwendig sind. Dies beginnt mit einer angemessenen mentalen Darstellung des Problems und endet mit der Problemlösung, bei der die Schülerinnen und Schüler einen Plan zur Lösung des Problems entwerfen und durchführen.

In Bezug auf die didaktischen Aspekte eines profunden "KI-Unterrichts" ist die Schlüsselfrage, in welcher organisatorischen Form mit der Fülle ihrer möglichen Ansätze umgegangen werden soll. Das Spektrum beginnt bei einem - hierzulande wohl kaum durchzusetzenden Schulfach "Künstliche Intelligenz", das ein ganzheitliches Bild mit sequenziertem und strukturiertem Unterricht anbieten wurde, und reicht von fragmentierten Ansätzen innerhalb von Fächern wie Informatik, Mathematik oder Philosophie (Seegerer, 2019) bis hin zu kurzen Unterrichtssequenzen auf verschiedenen Altersstufen. Dazu gehören singuläre Bottom-Up-Initiativen wie die Simulation eines Neurons mit der Programmierumgebung Scratch (Strecker & Modrow, 2019) und Unplugged-Aktivitäten in Form eines Rollenspiels mit vereinfachtem Schachspiel zur Demonstration von Reinforcement Learning (Schlichtig, 2019). All diese Ansätze in Schulen stecken weltweit noch in den Kinderschuhen und befinden sich in einem experimentellen Stadium, für das noch keine empirischen Ergebnisse vorliegen.

Die datengetriebene Gesellschaft und das Fortschreiten des maschinellen Lernens inklusive seiner Auswirkungen auf uns alle legen nahe, KI-Bildung in der Schule auf einer breiteren Basis zu konzipieren und zu implementieren. Sie hat das Potenzial, nicht nur das Fach Informatik in den Schulen, sondern die Bildung im Allgemeinen zu erweitern und zu bereichern.

Der lange Weg, die richtigen Ansätze für bestimmte Altersgruppen mit vernünftigen Niveaus und Anforderungen zu finden, steht noch vor uns. Nicht zuletzt braucht es auch neugierige Lehrer*innen und Lehrerausbilder*innen, die diese zukunftsreichen Inhalte in der allgemeinen, spezifischen und beruflichen Bildung zur Entfaltung zu bringen.

Referenzen

Baumann R.: Didaktik der Informatik. Klett Verlag. Stuttgart (1996)

Coy, W.: Informatik im Großen und Ganzen. In: LOG IN, Heft 136/137, p. 17– 23 (2005)

- Curzon, P., McOwan, P.W.: Computer science for fun - cs4fn: The sweet learning computer: Machine learning. www.cs4fn.org/machinelearning/sweetlearningcomputer.php (2016) (Aufgerufen am 31.3.2020)
- Dhande, M.: (2017). What is the difference between AI, machine learning and deep learning. Blogbeitrag: <https://www.geospatialworld.net/blogs/difference-between-ai%EF%BB%BF-machine-learning-and-deep-learning> (Aufgerufen am 31.3.2020)
- Diethelm, I.; Koubek, J.; Witten. H.: IniK – Informatik im Kontext, Entwicklungen, Merkmale und Perspektiven. In: LOG IN Heft Nr. 169/170. p. 97-105 (2011)
- Edtechreview (Bildungstechnologien), 2020. Editorial Team. <https://edtechreview.in/trends-insights/trends/3856-top-five-use-cases-of-ai-in-education> (Aufgerufen am 31.3.2020)
- Ertl W., Grundkurs Künstliche Intelligenz, Computational Intelligence, Springer Vieweg, Wiesbaden, p. 12 (2016)
- Goldschlagler L., Lister A.: Computer Science A Modern Introduction Prentice Hall, London (1988)
- Grillenberger, A., Romeike, R.: Key Concepts of Data Management: An Empirical Approach. In Proceedings Koli Calling (2017).
- Grillenberger, A., Romeike, R.: Developing a theoretically founded data literacy competency model. In Proceedings of WiPSCE (2018).
- Kelleher J.: Deep Learning. MIT Press. Cambridge, USA (2019)
- Kotu V., Deshpande B.: Learn more about Artificial Intelligence. In Data Science. Concept and Practice. Elsevier, Amsterdam (2019)
- Marr B.: How Much Data Do We Create Every Day? The Mind-Blowing Stats Everyone Should Read. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/05/21/how-much-data-do-we-create-every-day-the-mind-blowing-stats-everyone-should-read> (Aufgerufen am 31.3.2020)
- Marr B.: The Most Amazing Artificial Intelligence Milestones So Far. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/12/31/the-most-amazing-artificial-intelligence-milestones-so-far> (Aufgerufen am 31.3.2020)
- Mayer R.: Rote versus Meaningful Learning. In: Theory into Practice. Volume 41, Ohio State University, USA (2002)
- Ng A., Soo K.: Numsense! Data Science for the Laymen. No Math added. Springer (2017)
- Prolog Advertisement (1986): <https://www.computerwoche.de/a/turbo-prolog-und-reflex-in-deutsch,1166850> (Aufgerufen am 31.3.2020)
- Rechenberg P.: Was ist Informatik? Eine allgemeinverständliche Einführung (3. Aufl.). Hanser Verlag, Munich (2000)
- Schlichtig M., et. al. Understanding Artificial Intelligence - A Project for the Development of Comprehensive Teaching, To appear in Proceedings ISSEP 2019, Cyprus (2019)

Seegerer S. et al.: AI Unplugged – Wir ziehen Künstlicher Intelligenz den Stecker. In: Informatik für alle. Proceedings INFOS 2019. Lecture Notes in Informatics. Dortmund (2019)

Strecker K., Modrow E.: Eine Unterrichtssequenz zum Einstieg in Konzepte des maschinellen Lernens. In: Informatik für alle. Proceedings INFOS 2019. Lecture Notes in Informatics. Dortmund (2019)

Vincent J.: (keine Datumsangabe). The biggest headache in machine learning? Cleaning dirty data off the spreadsheets. <http://www.data-analysts.org/view/236.html> (Aufgerufen am 31.3.2020)

Wikipedia, Maschinelles Lernen (Definition): https://de.wikipedia.org/wiki/Maschinelles_Lernen (Aufgerufen am 31.3.2020)

Yu, Y., Chen, Y.: Design and development of high school artificial intelligence textbook based on computational thinking. Open Access Library Journal 5(09), 1 (2018)