

Unterrichtsreihe zu künstlicher Intelligenz und künstlichen neuronalen Netzen für die gymnasiale Oberstufe

Grabe, K.

DOI: 10.18420/ibis-02-02-10

Zusammenfassung

Diese Unterrichtsreihe erarbeitet in 7 Doppelstunden das Thema „Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen“ für einen Grundkurs Informatik in der gymnasialen Oberstufe nach dem „Bildungsplan Studienstufe Informatik Hamburg“. Die Rahmenbedingungen für den Ablauf der Sequenz sind, dass innerhalb der ersten 3 Doppelstunden theoretisches Basiswissen für eine Klausur aufgebaut wird, anschließend wird eine Klausur auf Papier geschrieben. Im zweiten, praktischen Teil (2 Doppelstunden) trainieren die SuS künstliche neuronale Netze (im Folgenden mit KNN abgekürzt) und arbeiten mit einer Python-Implementierung. In den letzten 2 Doppelstunden reflektieren sie die Möglichkeiten und Grenzen von Künstlicher Intelligenz (im Folgenden mit KI abgekürzt).

Einleitung

Einige der wichtigsten Zukunftstechnologien aktuell und Teil der Lebenswelt von SuS sind verschiedenste Anwendungen von KI wie ChatGPT, Recommender Systems z.B. bei Netflix

oder Amazon oder Bild-generierende KI wie DALL.E oder Midjourney. Um diese reflektieren zu können, benötigen die SuS einen Einblick in ihre Funktionsweise und eine Beschäftigung mit davon ausgehenden Chancen und Risiken.

Es gibt bereits unübersichtlich viele Beiträge und Materialien zum Unterrichten von KI im Schulunterricht im Web. Die Idee dieser Reihe ist es, verschiedene bereits existierende Materialien zu einer Sequenz zusammenzustellen, die für andere Lehrkräfte direkt nutzbar ist und Möglichkeiten zur Adaption an die eigene spezifische Lerngruppe aufzeigt (konkrete Optionen habe ich kursiv gekennzeichnet).

Beschreibung der Unterrichtsreihe

Teil 1: Basiswissen

Der erste Teil der Unterrichtsreihe baut innerhalb von 3 Doppelstunden Basiswissen zum Thema KI auf, das direkt danach (oder auch später) gut z.B. in Form einer Klausur abgefragt werden kann. In der Praxis habe ich für diesen Themenblock 4 Doppelstunden gebraucht, weil

DS	Thema	Fachbegriffe	Lernziel
1	Einstieg ins Thema: Klassifikation von Affen	Klassifikation Trainingsdaten Testdaten Entscheidungsbaum Accuracy	SuS erklären die Funktionsweise von Klassifikation mit Hilfe eines Entscheidungsbaumes.
2	Intelligenz vs. KI und die Geschichte von KI	Künstliche Intelligenz Maschinelles Lernen Deep Learning überwachtes Lernen unüberwachtes Lernen Verstärkungslernen	SuS erklären die Grundbegriffe des Themas KI und KNN.
3	KNN	Biologisches Neuron KNN Neuron Input/Output Gewicht Schicht Schwellenwert lineare / ReLU / sigmoide Aktivierungsfunktion	SuS erklären den Aufbau und die Bestandteile eines KNN. SuS berechnen Output von KNN anhand von Input und Gewichten.

Tabelle 1: Übersicht über den ersten Teil der Unterrichtsreihe

er einen großen Stoffumfang hat. Deshalb empfehle ich, die Geschwindigkeit an die eigene Lerngruppe anzupassen und den Stoff auf geeignet-viele Stunden zu verteilen.

1. Doppelstunde

Einstieg: Ich zeige den SuS verschiedene der Affen von AIUnplugged mit der Frage „Welcher dieser Affen beißt“.¹

Dies dient der Öffnung und zum neugierig-Machen, die SuS haben zu wenige Informationen, um die Frage entsprechend der Musterlösung beantworten zu können.

Erarbeitung 1: Anhand der Zuordnung der Affen zu den beiden Klassen „beißt“ und „beißt nicht“ skizzieren einen Entscheidungsbaum, mithilfe dessen entschieden werden soll, ob ein Affe beißt.

Erarbeitung 2: Die SuS bestimmen die Accuracy der Bäume.

Dazu tauschen die SuS die Bäume untereinander aus. Weitere neue Affenbilder werden gezeigt und die SuS sollen mit Hilfe des Entscheidungsbaumes eines anderen S entscheiden, ob der Affe beißt oder nicht. Der prozentuale Anteil der Affen, die von allen neu gezeigten Affen, richtig bestimmt wurden, ist die Accuracy des jeweiligen Entscheidungsbaumes.*

Sicherung: Der Begriff der Klassifikation mit Trainingsdaten und Testdaten wird eingeführt. Anschließend wird im Plenum über die verschiedenen Bäume und ihre Ergebnisse diskutiert.

Folgende Aspekte sollten thematisiert werden: Viele Klassifikationsmodelle (Entscheidungsbäume) haben die Äffchen mehrheitlich richtig klassifiziert. Kaum ein Modell hat alle richtig klassifiziert. Bei klassifizierenden KI ist es ähnlich. Besonders schwierig wird es, wenn ein neues Bild hinzugefügt wird, das ein Merkmal hat, das in den Testdaten nicht vorhanden war. In diesem Fall ist keine sinnvolle Zuordnung möglich und in Realität könnte es gefährlich sein, Beispiel: selbstfahrendes Auto bremst ruckartig vor Blättern im Herbst, weil es im Sommer trainiert wurde.

2. Doppelstunde

Einstieg: Bastele deine eigene KI“ (aus Pappbechern, Stiften und Zettelchen) nach Anleitung aus Erklärvideo.²

¹ <https://www.aiunplugged.org/german.pdf>, vgl. Lindner & Seegerer (o.D.), S. 4-7.

² <https://www.i-am.ai/de/build-your-own-ai.html>, vgl. Matt (o.D.).

Zwischensicherung: SuS tragen zusammen, welche Eigenschaften spezifisch für eine KI sind.

Elementar ist, dass die KI trainiert wird und dass sie Probleme löst.

Erarbeitung 1: SuS erarbeiten mithilfe der Arbeitsblätter von Lardelli (2020-2021)³ den Unterschied zwischen menschlicher Intelligenz und KI.

Wichtig ist, dass der psychologische Begriff Intelligenz keine eindeutige Definition hat und somit KI auch keine eindeutige Definition hat, sondern nur umschrieben werden kann.

Erarbeitung 2: SuS schauen Video zu geschichtlichen KI⁴ mit dem Arbeitsauftrag, die wichtigsten KI zusammenzutragen.

Das Video beinhaltet noch nicht die Entwicklungen von Deep Learning / KNN der letzten Jahre, dies sollte im Unterrichtsgespräch ergänzt werden. Wichtigste Exemplare von KI: 1950 Turing-Tests, 1966 Eliza, 1997 IBM Deep Blue, 2011 IBMs KI Watson, 2016 AlphaGo, 2022 ChatGPT (noch nicht im Video enthalten). Evtl. kann aktuelleres Video gefunden werden.

Erarbeitung 3: SuS erarbeiten mithilfe der Arbeitsblätter von Lardelli (2020-2021) die Fachbegriffe künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen (ML, Teilmenge von KI), Deep Learning (DL, Teilmenge von ML) und die Typen des maschinellen Lernens (überwacht - supervised, unüberwacht - unsupervised, verstärkend - reinforcement)

Option: Erarbeitung 1, 2 und 3 könnten auch als Stationsarbeit durchgeführt werden.

Sicherung: Kahoot zu neuen Fachbegriffen und ihre Beziehung untereinander. (Vgl. Anhang Kahoot „Sicherung 2. Doppelstunde“).

3. Doppelstunde

Einstieg: Interaktives Spiel mit der Lerngruppe "Ein neuronales Netz aus Menschen".⁵ In einem Gruppenspiel stellen die SuS Neuronen in einem KNN dar. Es werden Inputs (Striche) gegeben, die Neuronen handeln entsprechend ihrer spezifischen Handlungsanweisung und am Ende muss der Output (eine der Ziffern von 1 bis 8) bestimmt werden.

³ Arbeitsblätter aus Lardelli (2020-2021), S. 6-9 & 15-18. Weiterführende Informationen unter (<https://ki-kit.ch/pages/autor.html>).

⁴ Video von <https://ki-campus.org/videos/geschichteki>, vgl. KI-Campus (o.D.).

⁵ Spiel aus https://www.science-on-stage.de/sites/default/files/material/anleitung_neuronales-netz-als-enaktives-modell.pdf, vgl. Janssen (2022a).

Information 1: SuS erarbeiten sich die Funktionsweise eines KNN mit „Mensch, Maschine!“ (2019) S.32-33.

Information 2: SuS erarbeiten sich die verschiedenen Aktivierungsfunktionen mit den Arbeitsblättern von Lardelli (2020-2021) „Künstliche Intelligenz und Robotik“ S. 32-36.

Für Information 1 und 2 können die Lösungen in Form von Lösungsblättern bereitgestellt werden. Alternativ können die Aufgaben im Plenum besprochen werden.

Erarbeitung: SuS berechnen den Output von KNN auf einem Arbeitsblatt. (Vgl. Anhang Arbeitsblatt „Berechnung KNN“).

Sicherung: Vergleich der Ergebnisse.

Wichtig ist, dass bei der Berechnung des Outputs Aktivierungsfunktionen und vorangegangene Outputs einbezogen werden.

Teil 2: Optimierung und Implementierung eines KNN

Die Vorfreude ist groß, endlich dürfen die SuS im zweiten Teil der Reihe KNN selbst enaktiv optimieren und mit einer Python-Implementierung arbeiten.

Datensatz: Die Erarbeitung findet anhand des 1936 von Ronald Fisher bereitgestellten Iris-Datensatz statt. Dies ist ein bekannter Datensatz, an dem sich Klassifizierung gut demonstrieren lässt. Der Datensatz besteht aus 150 Daten (1 Datum = 1 Exemplar einer Blüte), je 50 zu einer der drei Schwertlilienarten Iris Setosa, Iris Versicolor und Iris Virginica. In Abbildung 1 sind jeweils ein Beispiel für jede der drei Iris-Typen zu sehen.



Abbildung 1 "Drei Beispiele für Iris Setosa, Iris Versicolor und Iris Virginica"⁶

⁶ Bildzusammenstellung durch Autorin, Bildquellen:

DS	Thema	Fachbegriffe	Lernziel
4	Iris-Datensatz in OMLT ausprobieren und optimieren	Iris-Datensatz	SuS optimieren eine KNN mit dem Online Maschine Learning Tool.
		Lernrate	
		Epoche	
5	Implementierung eines KNN für den Iris-Datensatz in Python	Validationsdaten	SuS optimieren ein KNN in Python.
		Googles TensorFlow	

Tabelle 2: Übersicht über den zweiten Teil der Unterrichtsreihe

Im Datensatz gibt es allerdings zu jeder Blüte nur 5 Attribute aber kein Bild: Länge des Kelchblatts, Breite des Kelchblatts, Länge des Kronblatts, Breite des Kronblatts, Spezies. Ein Beispiel Datum ist: 5.1,3.5,1.4,0.2,Iris-setosa⁷.

Mit diesem Datensatz wird die Optimierung von KNN im Setting Klassifizierung durch überwachtes Lernen erarbeitet.

4. Doppelstunde

Tool: Das von dem Lehrer Dr. Daniel Janssen entwickelte Online Maschine Learning Tool (OMLT) reduziert die komplexe Optimierung von KNN auf wenige Parameter (Netz-Aufbau, Lernrate, Epochen).⁸

Einstieg: Die SuS erarbeiten den Prozess der Klassifizierung selbst enaktiv. Dazu bekommen die SuS im Plenum (ausgedruckte) Bilder des Iris-Datensatzes und sollen diese eine der 3 Arten zuordnen.

Lösbar wird die Aufgabe, indem 4 Attribute (nicht die Spezies) auf die Rückseite der Bilder geschrieben wird und indem im Vorhinein markante Exemplare ausgewählt wurden.

Information: Entdeckend lernend arbeiten die SuS sich selbstständig in das OMLT ein und nutzen dazu die 2. im Tool bereitgestellte Variante des Iris-Datensatzes.

Erarbeitung: SuS besprechen im Plenum, welche Parameterkombinationen sie zur Optimierung testen wollen. Arbeitsteilig testen die SuS die ihnen zugeteilten Parameter bei der Optimierung des KNN.

Sicherung: Die SuS präsentieren ihre Optimierung vor der Lerngruppe.

Wichtigste Ergebnisse sollten sein: Besonders geringe Fehlerraten gibt es bei einer hohen Epochenzahl (diese ist aber in der Realität teuer). Je größer die Lernrate ist, desto schneller aber

- iris setosa von Radomil via Wikimedia (CC BY-SA 3.0)
 - iris versicolor von Dlanglois via Wikimedia (CC BY-SA 3.0)
 - iris virginica von Frank Mayfield via Wikimedia (CC BY-SA 2.0)
⁷ Datensatz aus <https://archive.ics.uci.edu/dataset/53/iris>, vgl. UCI Machine Learning Repository (o.D.).
⁸ OMLT von <https://slxs.de/ml/>, vgl. Janssen (o.D.).

auch ungenauer ist das Training und desto größer werden die Gewichts- und Schwellenwerte.

5. Doppelstunde

Tool: TensorFlow Playground; Python-Code einer Implementierung eines KNN (vgl. im Anhang 2) Programmcode „KNN für den Irisdatensatz mit Python“, empfohlene Bibliotheken: TensorFlow oder PyTorch, Keras, Sklearn⁹

Einstieg: SuS dürfen selbstständig das Tool TensorFlow Playground ausprobieren unter der Aufgabenstellung: „Manipulieren Sie die Optimierungsparameter und beschreiben Sie ihre Auswirkungen auf die Klassifizierung“.

Option: Lerngruppenspezifisches Auffrischen des Wissens zu Python.

Information: Input zu Validationsdaten als Validierung für Testdaten.

Erarbeitung: Die SuS implementieren ein KNN mit Python für den Iris-Datensatz.

In meiner Lerngruppe waren die Kompetenzen in Python größtenteils gering. Deshalb habe ich den SuS einen funktionierenden Code gegeben und als Aufgabe die Optimierung des KNN anhand der Parameter Netzaufbau, Epochen, Optimizer (Festlegung des Algorithmus zur Anpassung der Gewichte während des Trainings), Batch-Size (Größe des fürs Training übergebenen Datenpakets).

Sicherung: SuS tauschen sich in Kleingruppen zu Optimierungsmöglichkeiten aus.

Ähnlich wie in OMLT führen größere Netze und mehr Epochen zu genaueren Ergebnissen.

Teil 3: Möglichkeiten und Grenzen von KI

Die letzten zwei Doppelstunden leiten die SuS zur Reflexion des Themas KI an. Dazu wird in der 6. Doppelstunde die Optimierung von KNN aus technischer Sicht reflektiert und in der 7. KI gesamtgesellschaftlich aus verschiedenen Blickwinkeln.

6. Doppelstunde

⁹ <https://www.tensorflow.org/> , vgl. Google (o.D.).

DS	Thema	Fachbegriffe	Lernziel
6	Technische Grenzen der Optimierung von KNN	Validationsdaten	SuS reflektieren die Begrenztheit eines KNN anhand der Kriterien Lernrate, Overfitting und Aufbau des KNN.
		Lernrate	
		Overfitting	
		Ockham's Razor	
7	SuS reflektieren KI gesamtgesellschaftlich	Starke und schwache KI	SuS reflektieren KI im Hinblick auf die Themen Arbeitswelt, Ethik, Demokratie, Schule, Regulierung, Nachhaltigkeit & Umwelt.

Tabelle 3: Übersicht über den dritten Teil der Unterrichtsreihe

Einstieg: SuS sammeln bekannte KI-Anwendungen im Plenum am Board.

Erarbeitung: SuS arbeiten mit Ergebnissen aus dem Training der KNN-Python-Implementierung aus der 5. Doppelstunde, anhand dessen Grenzen der Parameter Lernrate, Netzaufbau und Overfitting ersichtlich sind. Die SuS arbeiten arbeitsteilig zu einem der 3 Themen der Optimierungsgrenzen jeweils an einem Arbeitsblatt in PA (vgl. im Anhang die Arbeitsblätter „Grenzen von Optimierung mit KI an Fisher's Iris-Dataset“).

Sicherung: SuS präsentieren die Ergebnisse.

Zentrale Ergebnisse sind: Lernrate darf nicht zu groß oder zu klein sein. Overfitting nennt man das Phänomen der Überanpassung auf den Trainingsdatensatz, sodass neue Daten nicht mehr klassifiziert werden können. Das KNN sollte optimaler Weise nicht zu klein, aber auch nicht zu groß sein, bei gleichen Ergebnissen sollte sich nach Ockham's Razor für den einfachsten Aufbau entschieden werden.

Reflexion: Gemeinsames Reflektieren (Plenum) über Grenzen der im Einstieg gesammelten KI.

7. Doppelstunde

Einstieg: SuS brainstormen zum Thema Möglichkeiten und Grenzen von KI.

Information und Erarbeitung: SuS erarbeiten arbeitsteilig jeweils einen der Artikel der bpb „Aus Politik und Zeitgeschichte“: KI und ... 1. Arbeitswelt 2. Ethik 3. Demokratie 4. Schule 5. Regulierung 6. Nachhaltigkeit und Umwelt; *Option: Input zu Regeln der KI Nutzung an dieser Schule.*¹⁰

Option: SuS könnten die Botschaften der Artikel (z.B. nach dem Lesen) von einer Sprach-generierenden KI (z.B. ChatGPT) zusammenfassen lassen.

Sicherung: SuS präsentieren die Hauptaussagen ihres Artikels.

Diese sind u.a.

¹⁰ <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/kuenstliche-intelligenz-2023/541496/grauzonen-zwischen-null-und-eins/>, vgl. bpb (2023).

1. *Arbeitswelt: aktuell KI als Assistenz für Jobs, Zahlen für Substitution von Berufen noch nicht kalkulierbar, KI lässt auch neue Berufe entstehen*
2. *Ethik: EU-Gremium HEG-KI fordert Respektierung der menschlichen Autonomie, Vermeidung von Schäden, Fairness, Erklärbarkeit, technischer Sicherheit, Datenschutz*
3. *Demokratie: Misinformation und Missbrauch in demokratischer Öffentlichkeit vs. Nutzen von KI-Entscheidungssystemen*
4. *Schule: viele Chancen für SuS (z.B. Intelligente Tutorsysteme, Unterstützung beim Lernen ...) und LKs z.B. Unterstützung in der Vorbereitung, aber auch Herausforderungen z.B. Adaption der Prüfungsformate notwendig*
5. *Regulierung: Regulierung ist komplex und schwierig; KI-VO-E (2021) erster umfassender Verordnungsentwurf der EU zur Regulierung von KI*
6. *Nachhaltigkeit und Umwelt: auch hier Chancen (z.B. intelligente Steuerung von Ressourcenverbrauch) und Risiken (z.B. Energieverbrauch)*

Reflexion: SuS reflektieren begründet über den Einsatz von KI in den Feldern und beziehen die Reflexion auch auf die eigene individuelle Situation und mögliche Zukunft.

Didaktische Reserve

Online gibt es eine Fülle an KI Anwendungen, die uns staunen lassen oder Spaß machen. Eine kleine Auswahl habe ich hier angeführt, einzelne Elemente können zwischendurch in den Unterricht eingeschoben werden. Während meiner Unterrichtsreihe, habe ich sie den SuS dauerhaft bereitgestellt und schnelle SuS durften, wenn sie mit ihren Aufgaben fertig waren, damit herumspielen. (KI entwickelt sich schnell weiter, vermutlich gibt es bald neuere KI und die Links funktionieren nicht mehr. Trotzdem diese Liste hier als Ausgangspunkt für Suche nach aktuellen KI.)¹¹

- Bilderquiz KI oder Foto: <https://www.geo.de/wissen/quiz/bilder-quiz--ki-bild-oder-fotografie--33364744.html>
- Finde den Schatz schneller als die KI: <https://www.i-am.ai/de/gradient-descent.html>
- Klavierspiel-KI: <https://www.i-am.ai/de/piano-genie.html>

- Quickdraw: <https://quickdraw.withgoogle.com/>
- This house does not exist: <https://thishousedoesnotexist.org>
- This person does not exist: <https://thispersondoesnotexist.com/>
- Videoproduktion mit Sora KI: <https://openai.com/index/sora/>
- Which face is real?: <https://www.whichfaceisreal.com/>
- 10 Spiele für ChatGPT: <https://mpost.io/de/10-best-games-to-play-with-chatgpt/>

Erfahrungen in der Erprobung:

Aus der Durchführung der Unterrichtseinheit ziehe ich verschiedene Unterrichtserfahrungen:

- **Anspruch:** es gibt viel zu lernen und das Thema ist komplex. Mit dieser Einheit kratzen wir nur an der Oberfläche des Themas KNN und haben uns nicht mit der darunterliegenden Mathematik befasst. Diese könnte ein weiterführender Kurs zumindest ansatzweise beinhalten.
- **Lernerfolg:** Die Klausur hatte einen Schnitt von fast genau 9 Notenpunkten, nur 3 von 22 SuS hatten 4 Notenpunkte oder schlechter. 9 SuS hatten 10 Punkte oder besser. Dieses Ergebnis entspricht meinem Gefühl beim Unterrichten, dass der Großteil die Kompetenzen dieser Unterrichtsreihe gewinnen konnte. Leider fehlt eine weitere konkrete Rückmeldung der SuS zu dieser Reihe in Form einer Befragung. Dies möchte ich beim zweiten Durchführen gern nachholen.
- **Format der Sicherung:** Neu Erlerntes sollte in einer iServ Texte Datei (kollaboratives Textdokument) von SuS festgehalten werden. In der Realität war dazu selten Zeit, sodass ich nach jeder Stunde die neuen Fachbegriffe / Erkenntnisse selbst dort eintrug. Für die Klausur war dieses Dokument für die SuS vorteilhaft, ansonsten wurde es wenig genutzt. Hier hätte ich mir entweder mehr Zeit für nehmen sollen oder ich hätte ein anderes Format wählen sollen z.B. dezentrale Sicherung durch die SuS.
- In der 6. Doppelstunde wird thematisiert, welche KI die SuS aktuell nutzen. Dies passte zum dritten Teil, dem Reflexionsblock. Um die subjektiven Konzepte der SuS zu aktivieren, hätte das Aufgreifen der individuell genutzten KI bereits in einer früheren Doppelstunde passieren können. Dann hätte ich

¹¹ Folgende URLs abgerufen am 26.05.2024.

mich im Verlauf der Unterrichtseinheit immer wieder darauf beziehen können.

- Spaßfaktor beim Unterrichten: insgesamt ist das Thema sehr angenehm zu unterrichten, weil das Thema die SuS sehr interessiert und motiviert und weil es so viele Materialien gibt, die ständig erweitert werden, sodass ich selbst in der Vorbereitung immer weiter lerne.

Fazit und Ausblick

Das Thema KI ist gesamtgesellschaftlich brisant und sollte im Unterricht einer gymnasialen Oberstufe in Deutschland 2024 nicht fehlen. Insbesondere das technische Verständnis der Funktionsweise von KI, aber auch die kritische Auseinandersetzung mit Chancen und Risiken ist sehr wichtig. Zudem macht der Unterricht zum Thema KI nicht nur den Lehrenden Spaß, sondern auch den SuS. Herausfordernd für die LK (und auch die SuS) ist es, sich technologisch auf dem neusten Stand zu halten. Vielleicht kann bei dieser Aufgabe auch eine Schulung für das Kollegium oder interessierte Akteure im Schulumfeld abfallen. Es gibt viele weitere hier nicht einbezogene gute pädagogische Materialien z.B. Teachable Maschine von Google oder SoekiaGPT. Der (künstlichen) Intelligenz im Schulumfeld sind (aktuell) wenige Grenzen gesetzt.

Anhang

Der Anhang zum Artikel steht in der Onlineversion des Artikels zur Verfügung unter:
<https://www.informatischebildung.de/ibis/article/view/40>



Quellen

Bpb (2023): Aus Politik und Zeitgeschichte (Künstliche Intelligenz). URL: <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/kuenstliche-intelligenz-2023/541496/grauzonen-zwischen-null-und-eins/> (Stand: 26.05.2024).

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019): Mensch, Maschine! (Wer zeigt hier wem den Weg?). URL: <https://www.wissenschaftsjahr.de/2019/jugendaktion/> (Stand: 26.02.2024)

Chollet, Francois (2021): Deep Learning with Python (Second Edition). Manning: Shelter Island.

European Commission (2019): Building Trust in Human-Centric Artificial Intelligence. Brüssel.

European Commission (2021):Vorschlag für eine Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates

zur Festlegung Harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz. Brüssel.

Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Schule und Berufsbildung (2022): Bildungsplan Studienstufe (Informatik). Hamburg.

Falk, Kim (2019): Practical Recommender Systems. Manning: Shelter Island.

Google (o.D.): TensorFlow. URL: <https://www.tensorflow.org/> (Stand 26.02.2024).

Hubwieser, Peter (2001): Didaktik der Informatik (Grundlagen, Konzepte, Beispiel). Berlin Heidelberg: Springer.

Janssen, Daniel (2022a): Ein neuronales Netz aus Menschen. URL: https://www.science-on-stage.de/sites/default/files/material/anleitung_neuronales-netz-als-enaktives-modell.pdf (Stand 26.05.2024).

Janssen, Daniel (2022b): Machine Learning in der Schule (Eine praxisorientierte Einführung in künstliche neuronale Netze, Gesichtserkennung und Co). Rheine: Science on Stage Deutschland e.V.

Janssen, Daniel (o.D.): Online Machine Learning Tool. URL: <https://slxs.de/ml/index.html> (Stand: 26.02.2024).

KI-Campus (o.D.): Eine kurze Geschichte der KI. URL: <https://ki-campus.org/videos/geschichteki> (Stand 26.05.2024).

Lardelli, Marco (2020-2021): Künstliche Intelligenz und Robotik (Ein Lehr- und Bastelbuch für Jugendliche ab 13 Jahre).

Lindner, Annabel & Seegerer, Stefan(o.D.): AI Unplugged – Wir ziehen künstlicher Intelligenz den Stecker (Aktivitäten und Unterrichtsmaterial zu künstlicher Intelligenz ohne Strom). URL: <https://www.aiunplugged.org/german.pdf> (Stand: 26.5.2024).

Matt, Andreas (o.D): Bastele deine eigene KI. URL: <https://www.i-am.ai/de/build-your-own-ai.html> (Stand: 26.5.2024).

Stein, Walter: Künstliche Intelligenz. Eine Einführung für den Schulunterricht mit Programmierbeispielen.

Wissenschaftsjahr 2019: Mensch, Maschine! Wer zeigt hier wem den Weg? 2019.

UCI Machine Learning Repository (o.D.): Iris. URL: <https://archive.ics.uci.edu/dataset/53/iris> (Stand: 26.02.2024).

Lizenz



Dieser Artikel steht unter der Lizenz CC BY 4.0 zur Verfügung.

Kontakt

Katrin Gisela Maria Grabe

E-Mail: katrin@grabe-online.de