Woche 03 Theorie: Künstliche Intelligenz – Maschinelles Lernen – Deep Learning

Skript

Erarbeitet von
Joana Grah

Lernziele 1
Inhalt 2
Einstieg 2
Begriffsabgrenzungen KI – ML – DL 2
Begriffsdefinitionen Machine Learning und Deep Learning 4
Definition Algorithmus 5
Maschinelles Lernen, Supervised Learning und Unsupervised Learning 5
Deep Learning, Neuronale Netzwerke 6
Take-Home Message 8
Quellen 8
Weiterführendes Material 9
Disclaimer 9

Lernziele

- Zusätzlich zum schon bekannten Begriff „Künstliche Intelligenz" die Begriffe „Maschinelles Lernen" und „Deep Learning" definieren können
- Die drei Begriffe differenzieren und Zusammenhänge erläutern können
- Definitionen kritisch hinterfragen können
- Die Begriffe „Reinforcement Learning" und „Algorithmus" erläutern können
- Den Unterschied zwischen „Supervised Learning" und „Unsupervised Learning" erklären können
- Die Funktionalität eines neuronalen Netzwerkes erläutern können

Projekt „KI für alle"
HeiCAD – Heine Center for Artificial Intelligence and Data Science

CC BY

Inhalt

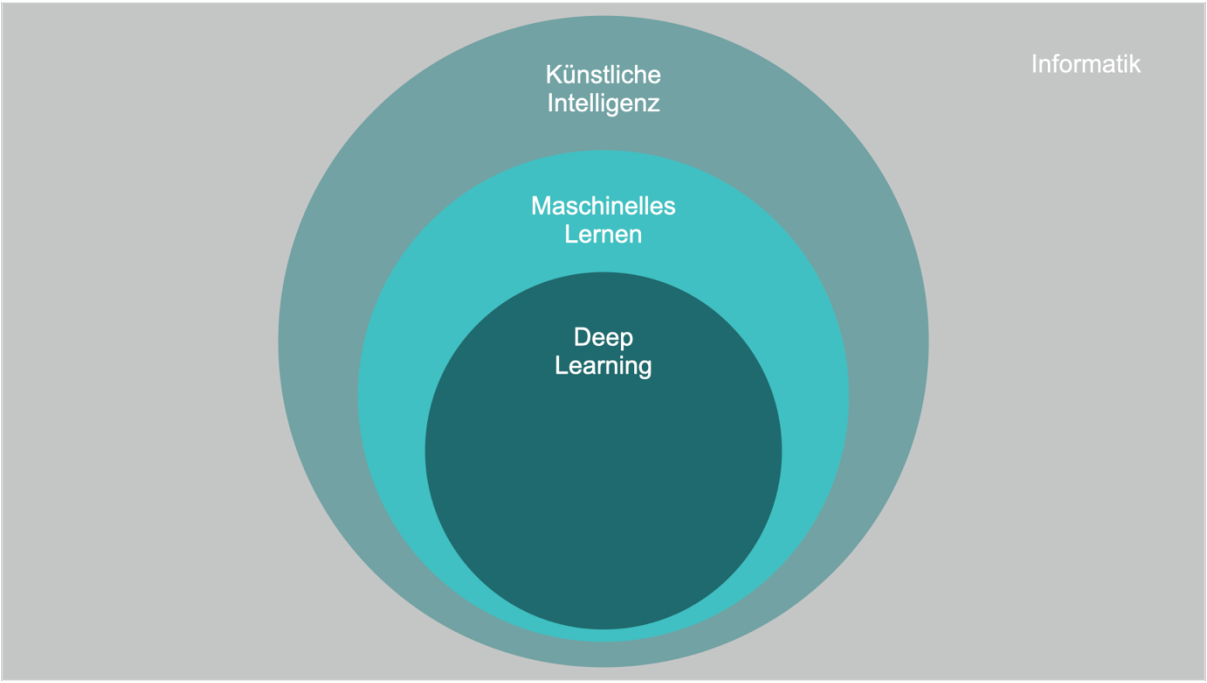
Einstieg

Wenn wir über Künstliche Intelligenz sprechen, tauchen zwei Begriffe häufig im Zusammenhang auf: Machine Learning bzw. Maschinelles Lernen und Deep Learning, das übersetzt Tiefes Lernen bedeutet. Wie unterscheiden sich diese drei Begriffe (also KI, Machine Learning und Deep Learning), oder können sie sogar austauschbar verwendet werden?

Begriffsabgrenzungen KI – ML – DL

Auch hier gilt: Es gibt keine allgemeingültige Definition, die alle drei Begriffe eindeutig in Zusammenhang setzt. Es gibt aber unter den meisten Forscher*innen einen Konsens darüber, in welchem Verhältnis die Begriffe zueinander stehen.

Nach und nach Einblendung Grafiken KI – ML – DL



Schauen wir uns dazu eine vereinfachte Grafik an. Wir können uns zunächst darauf einigen, dass Künstliche Intelligenz ein Teilgebiet der Informatik darstellt. Allein das ist schon diskutabel, da KI mittlerweile in so gut wie jedem Fachgebiet eine Rolle spielt, aber wir fokussieren uns hier vor allem auf die Methodik.

Das Maschinelle Lernen ist wiederum ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz. Es gibt auch andere Forschungsbereiche in der KI, z. B. überschneidet sich die Robotik mit diesem Feld,

CC BY

aber der Großteil der aktuell sehr populären Forschungsgebiete und praktisch alles, was wir in diesem Kurs behandeln, lässt sich dem Maschinellen Lernen zuordnen.

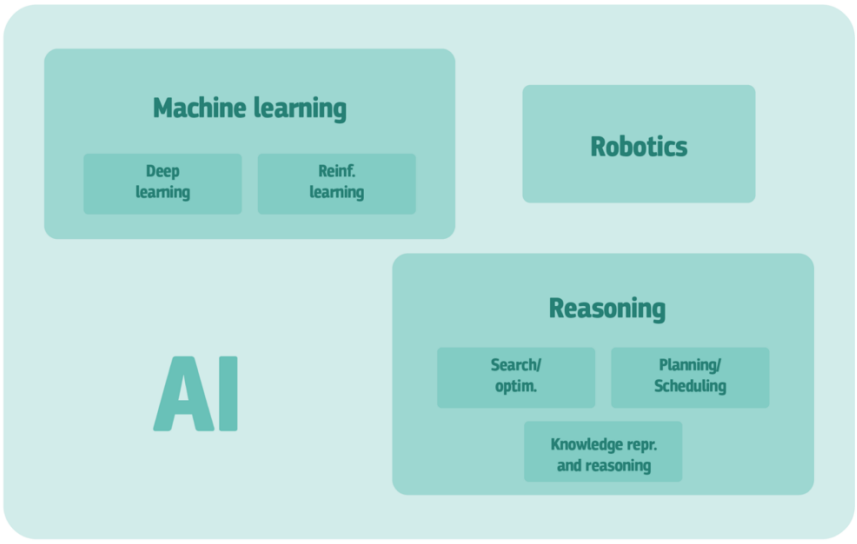
Maschinelles Lernen kann man sehr allgemein als „Lernen aus Daten“ definieren. Diese Disziplin lässt sich wiederum grob in zwei Kategorien einteilen. Das eher klassische und traditionelle Feld des Maschinellen Lernens beschäftigt sich mit statistischen Lernmethoden wie beispielsweise Entscheidungsbäumen, linearer Regression und Erweiterungen davon oder Klassifikationsalgorithmen. Diese funktionieren auch schon mit einer kleinen Menge an Daten ziemlich gut und haben den großen Vorteil, dass sie mathematisch sehr gut verstanden und erforscht sind.

Ein neueres Feld des Maschinellen Lernens ist das Deep Learning. Richtig erfolgreich werden diese Methoden erst seit kurzer Zeit angewandt, obwohl die Theorie dahinter schon seit mehreren Jahrzehnten existiert. Der Grund dafür ist die ständig wachsende Menge an Daten, die wir zur Verfügung haben, und die gesteigerte Rechenleistung von Computern. Im Gegensatz zum klassischen Maschinellen Lernen werden für Deep Learning Anwendungen große Mengen an Daten benötigt. Damit können dann häufig viel genauere Vorhersagen getroffen werden als mit klassischen Methoden und teilweise spezifische Aufgaben besser

und schneller gelöst werden, als vom Menschen, was dann einer schwachen KI entspricht. Der große Nachteil ist, dass das Feld so jung ist, dass es mathematisch erst im Augenblick erforscht wird und nicht vollständig verstanden ist. Daher redet man oft von sogenannten „Black Box“-Methoden.

Wie gesagt ist diese Kategorisierung nicht die einzige Möglichkeit, KI, ML und DL voneinander abzugrenzen. Im Dokument zur Definition von KI der Europäischen Kommission wird KI als wissenschaftliche Disziplin folgendermaßen visualisiert:

Einblendung Grafik AI der EC



Quelle [1]

CC BY

Hier gibt es auch das Teilgebiet des Maschinellen Lernens, wobei Deep Learning und Reinforcement Learning als spezifische Beispiele genannt werden. Reinforcement Learning bedeutet Be- oder Verstärkendes Lernen. Dabei geht es darum, dass eine sogenannte Agent*in mit der Umgebung interagiert, um eine Belohnung zu maximieren. Das klingt sehr abstrakt, aber zum Beispiel wird Bestärkendes Lernen verwandt, um Schach oder Go gegen Menschen zu spielen oder autonome Fahrzeuge zu steuern. In der Grafik sehen wir ein weiteres Feld, das wir in diesem Kurs nicht explizit behandeln werden: Reasoning bzw. Schlussfolgern. Die Robotik schneidet das Feld der KI teilweise; vor allem, wenn es um die Software geht.

Begriffsdefinitionen Machine Learning und Deep Learning

Schauen wir uns einmal die beiden Felder Machine Learning und Deep Learning genauer an.

Hier sind zunächst zwei Definitionen des Maschinellen Lernens.

Einblendung Definition Machine Learning Cambridge Dictionary

machine learning

noun [U] • COMPUTING • specialized

UK /məˌʃiːn ˈlɜː.nɪŋ/ US /məˌʃiːn ˈlɝː.nɪŋ/

the process of computers changing the way they carry out tasks by learning from new data, without a human being needing to give instructions in the form of a program:

Quelle [2]

Der Prozess, bei dem Computer die Art, wie sie Aufgaben ausführen, ändern, indem sie aus neuen Daten lernen, ohne dass ein Mensch Anweisungen in Form eines Programms geben muss.

Hier wird also wieder das Lernen von Daten hervorgehoben, wobei der zweite Teil etwas missverständlich ist, weil ja gerade Anweisungen in Form eines Programms gegeben werden, dieses Programm aber selbstständig ohne menschliche Interaktion lernt.

Eine zweite Definition lautet folgendermaßen:

Einblendung Definition Machine Learning Mohri et al. 2018

Machine learning can be broadly defined as computational methods using experience to improve performance or to make accurate predictions. Here, *experience* refers to the past information available to the learner, which typically takes the form of electronic data collected and made available for analysis. This data could be in the form of digitized human-labeled training sets, or other types of information obtained via interaction with the environment. In all cases, its quality and size are crucial to the success of the predictions made by the learner.

Quelle [3]

CC BY

Maschinelles Lernen kann allgemein definiert werden als computergestützte Methoden, die Erfahrungen nutzen, um Leistung zu verbessern oder genaue Vorhersagen zu treffen. Erfahrung bezieht sich hier auf die Informationen, die Lernenden in der Vergangenheit zur Verfügung standen, typischerweise in Form von elektronischen Daten, die gesammelt und für die Analyse zur Verfügung gestellt wurden. Bei diesen Daten kann es sich um digitalisierte, von Menschen beschriftete Trainingssätze oder um andere Arten von Informationen handeln, die durch Interaktion mit der Umgebung gewonnen wurden. In allen Fällen sind ihre Qualität und Größe entscheidend für den Erfolg der von Lernenden getroffenen Vorhersagen.

Definition Algorithmus

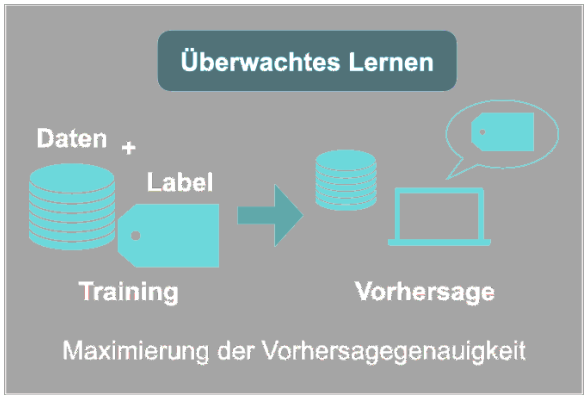
Eine Definition benötigen wir noch, weil der Begriff immer wieder auftaucht: Was ist eigentlich ein Algorithmus?

Ein Algorithmus gibt eine Abfolge von Anweisungen an, um ein bestimmtes Problem zu lösen. Häufig werden diese dann in Form eines Computerprogramms in einer ausgewählten Programmiersprache ausgeführt. Es gibt einen Input bzw. eine Eingangsgröße; das können in der Praxis einfach Zahlen, z. B. Messwerte, sein. Der Kern des Algorithmus ist die Abfolge von Anweisungen bzw. eindeutig definierten Schritten. Als Ergebnis erhalten wir den Output bzw. die Ausgangsgröße.

Maschinelles Lernen, Supervised Learning und Unsupervised Learning

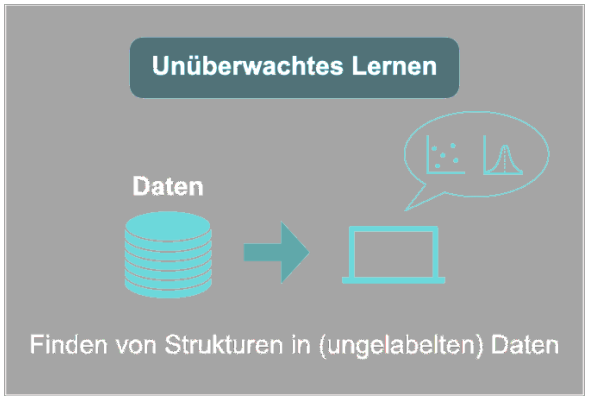
Zurück zum Maschinellen Lernen. Methodisch können wir das in drei Kategorien einteilen: Supervised Learning bzw. Überwachtes Lernen, Unsupervised Learning oder Unüberwachtes Lernen und das eben kurz erläuterte Reinforcement Learning bzw. Bestärkendes Lernen. Letzteres ist in diesem Modul unseres Kurses nicht im Fokus. Schauen wir uns also den Unterschied zwischen Überwachtem und Unüberwachtem Lernen an.

Einblendung Grafik Supervised Learning



Wie der Name eigentlich schon verrät, haben wir beim Überwachten Lernen die Kontrolle darüber, was gelernt werden soll. Wir stellen dem Algorithmus nicht nur Daten, sondern auch sogenannte Labels zur Verfügung. Das bedeutet, dass wir unsere Daten so kennzeichnen, dass bereits klar ist, was gelernt werden soll. Ein konkretes Beispiel dazu ist die Klassifikation von Hunde- und Katzenbildern. Die Daten, mit denen der Algorithmus lernen soll, sind also viele verschiedene Bilder von Hunden und Katzen. Dazu ist jedes Bild mit dem Label „Hund" oder „Katze" versehen. Das ML-Programm „sieht" also eine große Menge an Beispielen für die Klassifikation, die es später selbstständig mit neuen, nicht gesehenen Daten, durchführen soll. Der erste Teil des Überwachten Lernens nennt sich „Training" des Algorithmus. Die zweite Stufe ist dann der Schritt der Vorhersage. Typischerweise dauert das Training deutlich länger als die Vorhersage.

Einblendung Grafik Unsupervised Learning



Beim Unüberwachten Lernen besitzen die Daten keine Labels und wir erwarten von dem Algorithmus dadurch, dass wir nicht vorgeben, was gelernt werden soll, keine spezifischen Vorhersagen. Vielmehr ist das Ziel, dass der Algorithmus selbstständig Zusammenhänge und Strukturen in Daten findet. Typische Beispiele für unüberwachte Lernmethoden sind Clustering-Methoden. Hier sollen Ähnlichkeiten von Daten gefunden werden, mit Hilfe derer dann Gruppen oder Cluster gebildet werden.

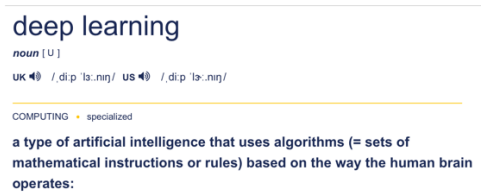
Deep Learning, Neuronale Netzwerke

Schauen wir uns jetzt das kleinste Teilgebiet in unserer Grafik an, das Deep Learning.

Einblendung Grafik KI – ML – DL

Eine Definition aus dem Cambridge Dictionary lautet:

Einblendung Definition Deep Learning Cambridge Dictionary



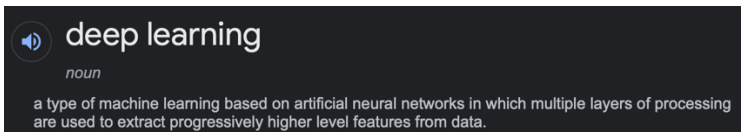
Quelle [2]

Eine Art von Künstlicher Intelligenz, die Algorithmen (also eine Reihe von mathematischen Anweisungen oder Regeln) verwendet, die darauf basieren, wie das menschliche Gehirn funktioniert.

Auch hier müssen wir vorsichtig sein – Modelle, die im Deep Learning typischerweise verwandt werden, sind neuronale Netzwerke. Dessen Aufbau ist inspiriert vom menschlichen Gehirn und Netzwerken, die Neuronen verbinden. Biologische neuronale Netzwerke sind aber noch viel komplexer als künstliche und noch gar nicht vollständig erforscht. Wie alle Modelle sind neuronale Netzwerke höchstens stark vereinfachte Versionen der Realität.

Eine zweite Definition in Oxford Languages lautet:

Einblendung Definition Deep Learning Oxford Languages

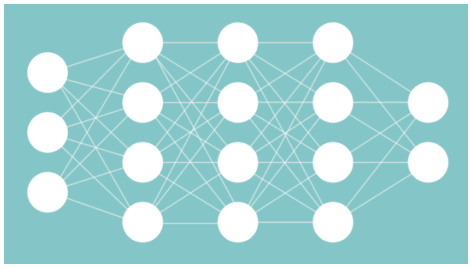


Quelle [4]

Eine Art des Maschinellen Lernens auf der Grundlage künstlicher neuronaler Netze, bei der mehrere Verarbeitungsebenen verwendet werden, um schrittweise detailliertere Merkmale aus Daten zu extrahieren.

Hier finden sich einige Fachbegriffe. Künstliche neuronale Netzwerke sind, wie wir gerade gelernt haben, die von biologischen neuronalen Netzwerken inspirierten Modelle im Deep Learning.

Einblendung Grafik Neuronales Netzwerk



Hier sehen wir ein typisches, vereinfachtes Modell. Es besteht aus Knotenpunkten – oder, wenn man will, aus Neuronen, die miteinander verbunden sind. Dieses sequenzielle Modell liest man von links nach rechts. Ganz links gibt es den Input-Layer. Hier werden die Daten in das Modell eingelesen. Jeder Datenpunkt entspricht einem Knoten. Das kann ein numerischer Wert sein oder im Falle von Bildern ein Bildpixel. Ganz rechts ist der Output-Layer, der das Ergebnis liefert, also zum Beispiel eine Klassifikation in Hund oder Katze. Jeder Knotenpunkt entspricht dann einer Klasse. In der Mitte befinden sich die sogenannten „Hidden Layer", also die versteckten Schichten des Modells. Je weiter rechts wir uns in einem Layer des Modells befinden, desto detaillierter sind die Features, die aus den Daten extrahiert werden.

Take-Home Message

Jetzt habt ihr einen groben Überblick darüber bekommen, wie die Begriffe Künstliche Intelligenz, Maschinelles Lernen und Deep Learning zusammenhängen, und könnt die Konzepte hinter diesen Methoden erklären.

Quellen

Quelle [1] High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, European Commission (2018). A definition of AI: Main capabilities and scientific disciplines. https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_definition_of_ai_18_december_1.pdf

Quelle [2] Cambridge Dictionary

Quelle [3] Mohri, M., Rostamizadeh, A., & Talwalkar, A. (2018). *Foundations of machine learning*. MIT press.

Quelle [4] Oxford Languages

Weiterführendes Material

Elements of AI.

What is AI? - Related fields. https://course.elementsofai.com/1/2
Machine Learning - The types of machine learning. https://course.elementsofai.com/4/1
Neural networks - Neural network basics. https://course.elementsofai.com/5/1

Plus Magazine.

Maths in a minute: Machine learning and neural networks. (2021, 10. August) https://plus.maths.org/content/maths-minute-machine-learning-and-neural-networks
Maths in a minute: Deep learning. (2022, 13. Oktober) https://plus.maths.org/content/maths-minute-deep-learning

Podcast InsideHeiCAD.

Staffel 1, Folge 3. https://www.heicad.hhu.de/aktivitaeten/der-heicadpodcast
Grah, J. (Moderatorin), Harmeling, S. (Gast). (2021, 21. Juli). #3: Was hat Machine Learning mit Akkuschraubern zu tun? [Audio-Podcast]. In *InsideHeiCAD*. Heine Center for Artificial Intelligence and Data Science.

Disclaimer

Transkript zu dem Video „Woche 03 Theorie: Künstliche Intelligenz – Maschinelles Lernen – Deep Learning“, Joana Grah.

Dieses Transkript wurde im Rahmen des Projekts ai4all des Heine Center for Artificial Intelligence and Data Science (HeiCAD) an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf unter der Creative Commons Lizenz CC-BY 4.0 veröffentlicht. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos, alle in den Quellen ausgewiesenen Fremdmaterialien sowie alle als Quellen gekennzeichneten Elemente.