

LERNEN EINFACH GEMACHT



3. Auflage

# Künstliche Intelligenz

für  
**dummies**<sup>®</sup>

KI-Techniken verstehen,  
auch wenn man nicht  
Informatik studiert hat

Deep Learning, Generative KI  
und weitere Anwendungen  
kennenlernen

Potenzial und Grenzen der  
KI abschätzen können

**Ralf Otte**

# Künstliche Intelligenz für Dummies

## Schummelseite

---

### **(KÜNSTLICHE) INTELLIGENZ IST ...**

Intelligenz ist die Summe von Denk- und Wahrnehmungsprozessen eines Objektes oder Subjekts, um auf Umwelt- und Umgebungseinflüsse angemessen (also logisch korrekt) zu reagieren. Wir nennen diese Form der Intelligenz logisches Denken. Menschen, aber auch technische Systeme reagieren oft, jedoch nicht immer, angemessen auf Umgebungsreize.

Intelligenz ist im Kontext dieses Buches daher neben folgerichtigem Schlussfolgern das autonome Schaffen eines Modells der Umgebung, um auf äußere (und innere) Reize adäquat reagieren zu können und bei beobachteten Fehlern das eigene Modell über die Umgebung selbstständig so anzupassen, dass beim nächsten Mal eine adäquate Reaktion erfolgen kann. Wir nennen das Lernen.

Die Intelligenz des Menschen ist sehr vielschichtig und vielgestaltig, man spricht von rationaler (kognitiver) Intelligenz, aber auch von sozialer und emotionaler Intelligenz und vieles mehr. Für die Schaffung von Künstlicher Intelligenz ist insbesondere die kognitive Intelligenz des Menschen maßgebend.

*Künstliche Intelligenz ist der Versuch, rationale beziehungsweise kognitive menschliche Intelligenz auf (technischen) Maschinen zu simulieren, um sie für den Menschen gewinn- und nutzbringend einzusetzen.*

Eine solche Art von Künstlicher Intelligenz ist in ihren Anwendungen überaus erfolgreich. Aktuell sind jedoch bereits Grenzen für das Vordringen der KI in Technik und Gesellschaft abzusehen. Künstliche Intelligenz mit dem Anspruch der Simulation von Intelligenz nennen wir *Schwache KI*, um sie von einer sogenannten *Starken KI* zu unterscheiden, die an die Intelligenz von Menschen heranreichen soll.

### **STARKE KI VERSUS SCHWACHE KI**

Die Starke KI ist ein Konstrukt, das eine KI beschreibt, die neben ihrer Intelligenz auch ein künstliches Bewusstsein, einen Willen und sogar Emotionen ausprägen können soll. So etwas technisch zu erzeugen, ist heute

in keinster Weise realistisch. Irrationale Ängste gegenüber einer Starke KI sind deshalb nicht angebracht. Es ist mit heutigen technologischen Mitteln (noch) nicht möglich, Maschinen mit nachweislichem Bewusstsein zu entwickeln. Aktuell existieren zwar rudimentäre Theorien, wie Bewusstsein technisch erzeugbar wäre, aber auch wenn diese Ansätze stimmen, wird es noch sehr lange dauern, bis eine KI entsteht, die ein Bewusstsein, ähnlich dem des Menschen, ausprägen könnte. Starke KI ist und bleibt Science-Fiction.

Schwache KI ist jedoch allgegenwärtig. Heutige KI-Systeme erscheinen bereits sehr *intelligent*, man könnte sogar sagen, dass heutige KI-Systeme *denken* können, wenn man Denken als mechanisierbare Symbolmanipulation definiert. Dieses KI-Denken entspricht natürlich nicht dem Denken von Menschen, aber das »Maschinendenken« ist – in Verbindung mit dem »Maschinelernen« – bereits so leistungsfähig, dass die heutige KI gegen unsere Weltmeister im Schach und Go gewinnt, Roboter steuert, teilautonom Auto fährt und intelligente Chatbots in natürlicher Sprache mit uns sprechen lässt.

## **MACHINE LEARNING UND NEURONALE NETZE**

Der Schwerpunkt heutiger KI-Anwendungen liegt nicht mehr auf dem Denken, sondern auf dem Lernen. Beim *Machine Learning* geht es darum, Maschinen und Algorithmen zu schaffen, die aus vorhandenen Daten selbstständig und vollautonom lernen können. Dabei unterscheidet man in symbolische Lernverfahren, wie Entscheidungsbäume oder Assoziationsregeln, und subsymbolische Lernverfahren.

Eine der wichtigsten Basistechnologien für subsymbolisches, maschinelles Lernen stellen *Künstliche Neuronale Netze (KNN)* dar. Neuronale Netze sind den Informationsverarbeitungseinheiten des biologischen Gehirns nachgebildet. Eine Vielzahl einfacher Prozessorelemente, sogenannte Neuronen, ist mit einer großen Anzahl von Nachbarneuronen über sogenannte Synapsen (gewichtete Verbindungen) verbunden. Das neuronale Netz sammelt Informationen und berechnet Ergebnisse durch sehr einfache Rechenschritte. Die Leistungsfähigkeit des neuronalen Ansatzes besteht allerdings nicht in den Berechnungen der einzelnen Neuronen, sondern in der parallelen Datenverarbeitung von mehreren Millionen Einzelelementen. Obwohl die Informationsverarbeitung eines einzigen Neurons im Prinzip einfach ist, kann durch die hohe Vernetzung der Neuronen untereinander eine enorme Leistung des Gesamtsystems erreicht werden.

Das menschliche Gehirn ist das Vorbild zur Wissensverarbeitung schlechthin und es gibt mittlerweile weit über hundert Arten künstlicher neuronaler Netze. Die Theorie der KNN ist dadurch äußerst komplex geworden, und es wurden viele Netztypen für ganz spezielle technische Aufgaben entwickelt. Die Informationsverarbeitung im Gehirn ist so gigantisch, dass es nahezu

unendlich viele Möglichkeiten zu geben scheint, Teilaspekte des Gehirns herauszugreifen und technisch nachzubilden, mit immer neuen Möglichkeiten einer Datenverarbeitung.

Im mathematischen Sinne realisiert ein künstliches neuronales Netz ein Verfahren zur nicht-linearen multivariaten Datenanalyse, etwas, was man seit 100 Jahren aus der Statistik kennt. Die Netze sind damit ein sehr cleverer Ansatz, eine solche Datenanalyse durch eine technische Struktur ausführen zu lassen, und sie sind biologisch sehr plausibel. Man weiß, dass das menschliche Gehirn so lernt, dass beim Lernen die Verbindungsstärke der eingehenden Signale zu einem Neuron angepasst wird. Die Synapsen des Gehirns – oder besser – die Verarbeitungen in den synaptischen Spalten entsprechen dabei den Gewichtswerten eines künstlichen Neurons an seinen Eingängen.

Beim Aufbau von KNN entstehen deshalb drei grundsätzliche Fragen, die für jeden neuronalen Netztyp geklärt werden müssen:

- ✓ Das Neuronenmodell: Welche der mathematischen Übertragungsgleichungen gilt für ein einzelnes Neuron?
- ✓ Die Topologie von neuronalen Netzwerken: Welche Neuronen sind mit welchen verbunden?
- ✓ Die neuronalen Lernverfahren: Wie werden die Gewichtswerte (in Anlehnung an die biologischen Synapsen) eingestellt, das heißt, wie wird das Wissen in das Netz encodiert?

Ein künstliches Neuron in einem Computer stellt entweder eine lineare oder eine nicht-lineare mathematische Funktion dar. Mehrere Neuronen werden zu einem Netzwerk zusammengeschaltet. Die berühmteste Topologie sind sogenannte *Feed-Forward-Netze*, die aus zwei, drei oder mehreren hintereinander geschalteten neuronalen Schichten bestehen, in denen sich eine bestimmte Anzahl von Neuronen befindet. Die Schicht am Eingang heißt Eingabeschicht, die Schicht am Ausgang Ausgabeschicht und die Schichten in der Mitte des Netzwerks heißen verdeckte Schichten oder auch Hidden Layer. Es ist bei diesen Netztypen üblich, dass die Neuronen einer Schicht vollständig mit den Neuronen der nachfolgenden Schicht verbunden werden. Das berühmteste Lernverfahren, das auf einer solchen Netzstruktur aufbaut, ist das Backpropagation-Lernverfahren.

Seit Ende der 1980er-Jahre ist bekannt, dass man mit neuronalen Netzen mit drei oder mehr Schichten jeden stetigen Zusammenhang zwischen Eingangsgrößen und Ausgangsgrößen beliebig genau approximieren kann. Damit sind neuronale Netze *universelle Approximatoren* mit umfangreichen Anwendungsfällen in Industrie und Gesellschaft.

Neben KI-Systemen als universelle Approximatoren [Cybenko 1989] gibt es KI als universelle Bildverarbeitungssysteme [Hinton 2010]) und universelle Sprachsysteme [Vaswani 2017]. Dennoch sind der KI unüberwindbare

Grenzen gesetzt. Die algorithmische KI kann bestimmte Probleme, die der Komplexität der Prädikatenlogik 2. Ordnung (PL2) entsprechen niemals selbstständig überwinden [Otte 2024b]. Damit ist sie für viele Anwendungen in der Gesellschaft – wie vollautonomes Fahren und automatisierte Richtersprüche – prinzipiell ungeeignet.



Ralf Otte

# Künstliche Intelligenz für **dummies**<sup>®</sup>

*Fachkorrektur für das Kapitel Sprachmaschinen  
von Prof. Dr. Ernst-Georg Haffner*  
**3. Auflage**

**WILEY**  
WILEY-VCH GmbH

## **Künstliche Intelligenz für Dummies**

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

3. Auflage 2026

© 2026 Wiley-VCH GmbH, Boschstraße 12, 69469  
Weinheim, Germany

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form. This book published by arrangement with John Wiley and Sons, Inc.

Wiley, the Wiley logo, Für Dummies, the Dummies Man logo, and related trademarks and trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley & Sons, Inc. and/or its affiliates, in the United States and other countries. Used by permission.

Alle Rechte bezüglich Text und Data Mining sowie Training von künstlicher Intelligenz oder ähnlichen Technologien bleiben vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne die schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form -durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren -in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

Hersteller gemäß EU-Produktsicherheitsverordnung ist die Wiley-VCH GmbH (Adresse s.o.); E-Mail:

[Product\\_Safety@wiley.com](mailto:Product_Safety@wiley.com).

Der Verlag und die Autoren dieses Werks haben nach bestem Wissen und Gewissen gearbeitet, einschließlich einer gründlichen Überprüfung des Inhalts. Jedoch übernehmen weder der Verlag noch die Autoren Garantien oder Gewährleistungen hinsichtlich der Genauigkeit oder Vollständigkeit des Inhalts dieses Werks. Insbesondere schließen sie jegliche ausdrücklichen oder stillschweigenden Gewährleistungen aus, einschließlich Gewährleistungen der Handelsüblichkeit oder Eignung für einen bestimmten Zweck. Bei der Erstellung dieses Werks wurden bestimmte KI-Systeme eingesetzt. Es kann keine Garantie durch Vertriebsmitarbeiter, schriftliche Verkaufsunterlagen oder Werbeaussagen übernommen oder erweitert werden. Der Verweis auf eine Organisation, Website oder ein Produkt als Quelle für weitere Informationen impliziert keine Unterstützung oder Empfehlungen durch den Verlag und die Autoren. Der Verkauf dieses Werks erfolgt unter der Voraussetzung, dass der Verlag keine professionellen Dienstleistungen erbringt. Die enthaltenen Ratschläge und Strategien sind möglicherweise nicht für Ihre Situation geeignet. Konsultieren Sie gegebenenfalls einen Spezialisten. Leser sollten sich darüber im Klaren sein, dass die in diesem Werk aufgeführten Websites zwischen dem Zeitpunkt der Erstellung und dem Zeitpunkt des Lesens geändert sein können oder nicht mehr existieren. Weder der Verlag noch die Autoren haften für entgangene Gewinne oder sonstige wirtschaftliche Schäden, einschließlich besonderer, zufälliger, Folgeschäden oder sonstiger Schäden.

**Coverfoto:** ipopba - [stock.adobe.com](https://stock.adobe.com)

**Korrektur:** Harriet Gehring

**Print ISBN:** 978-3-527-72367-6

**ePub ISBN:** 978-3-527-85396-0

# Über den Autor

---

**Prof. Dr.-Ing. Ralf Otte** ist Hochschullehrer für Industrieautomatisierung und Künstliche Intelligenz an der Technischen Hochschule Ulm (THU). Seit den 1990er-Jahren beschäftigt er sich mit den Möglichkeiten der Künstlichen Intelligenz, denn die KI hatte ihn bereits zum Ende seiner Studienzeit so fasziniert, dass er auf einem Spezialgebiet der Künstlichen Intelligenz, den neuronalen Netzen, promovierte. 1992 ging er in die Industrie und arbeitete zwölf Jahre bei einem Großkonzern als verantwortlicher Manager für Business Intelligence und Data Mining. Später wechselte er zu einem Mittelständler und war über zehn Jahre als Geschäftsführer für die Umsetzung von KI-Projekten in der Industrie tätig. Seit 2015 ist Ralf Otte Hochschullehrer in Ulm, lehrt dort unter anderem Künstliche Intelligenz in den Masterstudiengängen und erforscht Grundlagen für neuartige KI-Maschinen, Maschinen, die in baldiger Zukunft vielleicht einmal maschinelles Bewusstsein auszuprägen vermögen. Zu erreichen ist Ralf Otte unter [ralf.otte@email.de](mailto:ralf.otte@email.de) oder über seine Webseite [ralfotte.com](http://ralfotte.com).

## ***Widmung***

Für meine Familie, für die inhaltliche, organisatorische und mentale Unterstützung während der Erstellung des Buches, insbesondere für meine Frau Marén.

## ***Danksagung***

Dieses Buch ist das Ergebnis der Ideen und Arbeit von vielen Menschen. Ohne die offenen Diskussionen mit den

Ingenieuren und Informatikern aus der Industrie und Gesellschaft, ohne die vielseitigen Gespräche mit Kollegen und Studenten der THU wäre es mir nicht möglich gewesen, dieses Buch zu erstellen. Neben den Diskussionen haben zahlreiche Menschen aber auch viel Zeit in die Unterstützung für das Buch investiert.

Ein herzlicher Dank für Unterstützung der ersten und zweiten Auflage geht an Dipl.-Ing. Werner Gertz aus Windhoek (Namibia), weiterhin an Dipl.-Informatiker Michael Schmitt für das Korrekturlesen und die vielen kritischen Hinweise zur ersten, zweiten und dritten Auflage. Michael danke ich auch für die Anregungen bei unseren ausgedehnten Wanderungen im Odenwald. Ganz besonders herzlich möchte ich meinem Vater, Univ. Prof. (em.) Dr.-Ing. habil. Viktor Otte, für die mehrmaligen Korrekturdurchläufe und zahlreichen Anregungen für alle drei Auflagen danken. Auch die Ausführungen zum »maschinellen Bewusstsein« wären ohne seine Hilfe nicht entstanden, denn wir arbeiten auf diesem Gebiet seit über 20 Jahren zusammen.

Ein großer Dank geht an das Lektorat von Wiley für die sehr gute Unterstützung während der gesamten Zeit der Bucherstellung, hierbei danke ich insbesondere Herrn Marcel Ferner für seine professionelle Hilfe und seine ruhige Art, Probleme anzugehen und zu lösen. Und ich danke den Fachkorrektoren der ersten und dritten Auflage für ihre kritischen und wichtigen Hinweise und den Dudenkorrektorinnen der ersten und zweiten Auflage, Frau Petra Heubach-Erdmann, und der dritten Auflage, Frau Harriet Gehring, für ihre fachkundige Unterstützung.

Mein besonderer Dank geht selbstverständlich an meine Leser. Ohne ihr Interesse gäbe es dieses Buch gar nicht, zumindest nicht in der zweiten und dritten Auflage.

Insbesondere möchte ich hier den zahlreichen Lesern danken, die mir teilweise sehr lange Mails geschrieben haben, mich zum Buch beglückwünschten und/oder auch konstruktive Kritik übten. Ich kann hier nicht alle nennen und bedanke mich deshalb exemplarisch und nochmals ganz herzlich für die Korrekturen zur zweiten Auflage bei Henning Moritz, Stephan Fuchs, Wolfgang Böhm, Rhaban Lammeyer, Dietmar Schmidt, Thomas Speer und Stefan Klemens für all die nützlichen Korrekturhinweise. Ein Großteil ihrer Hinweise ist in der zweiten beziehungsweise dritten Auflage eingearbeitet.

Mein abschließender Dank geht erneut an meine Familie, an meine beiden erwachsenen Töchter Julia und Caroline und an meine Frau Marén, für all ihre Geduld, ihre Ideen, Grafiken, Fotos, Gespräche und Korrekturhinweise.

## ***Leserhinweise***

Aus dem Feedback früherer Leser weiß ich, dass das Buch teilweise doch nicht so einfach zu lesen ist, wie man es bei einem Buch der »für Dummies«-Reihe hofft oder denkt. Nicht mathematisch versierte Leser können jedoch den gesamten Mathematikteil und die zahlreichen Theorieboxen überspringen und alle anderen Themen trotzdem gut verstehen. Für mathematische Interessierte stellen die Theorieabschnitte vielleicht weiterhin eine nützliche Hilfe dar, um die Thematik noch detaillierter zu verstehen.

In der zweiten Auflage gibt es neben der Fehlerkorrektur zahlreiche Überarbeitungen und Weiterführungen. Die KI hat sich in den letzten vier Jahren nochmals sehr stark verändert, was Eingang in das Buch fand. Daher sind auch kleinere Abschnitte hinzugekommen, wie beispielsweise »Zehn Gründe, warum vollautonomes

Fahren niemals funktionieren wird«, ein möglicher »Turing-Test auf Bewusstsein« oder »Neuronale Netze auf Quantencomputern«.

In der dritten Auflage wurde das Buch nochmals erweitert und es wurde ein völlig neues Kapitel über Sprachmaschinen ergänzt. Der Grund liegt in der herausragenden Bedeutung der Generativen KI für die Gesellschaft. Für viele hat das Zeitalter der KI mit den Sprachmaschinen eigentlich erst begonnen. Diese wurden bei der Neuauflage berücksichtigt.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in diesem Buch nicht gegendert. Das Buch richtet sich jedoch mit großer Freude auch an die weibliche Leserschaft.

# Inhaltsverzeichnis

Cover

Titelblatt

Impressum

Über den Autor

Widmung

Danksagung

Leserhinweise

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur dritten Auflage

Einführung

Über dieses Buch

Wie dieses Buch aufgebaut ist

Symbole, die in diesem Buch verwendet werden

Was nun?

Teil I: Ganz schön clever

Kapitel 1: Einführung in die Thematik

Was ist Intelligenz?

Intelligenz messen

Schwache KI

Starke KI

Kann eine KI ein Bewusstsein entwickeln?

Kapitel 2: Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen

Autonom versus intelligent

Denken mit Mathematik formalisieren

Der Universalcomputer

Die Geburtsstunde der Künstlichen Intelligenz

Wichtige Meilensteine der KI

### **Kapitel 3: Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich?**

Die angemessene Intelligenz - Intelligenzstufe I1

Die lernende Intelligenz - Intelligenzstufe I2

Die kreative Intelligenz - Intelligenzstufe I3

Die bewusste Intelligenz - Intelligenzstufe I4

Die selbstbewusste Intelligenz - Intelligenzstufe I5

Die Intelligenz der Gefühle und des Willens - Intelligenzstufe I6 und I7

Die selbstreferenzielle Intelligenz des Menschen - Intelligenzstufe I8

Einordnung der KI im Rahmen der verschiedenen Intelligenzstufen und Anmerkungen zu Bots

Zusammenfassung

### **Kapitel 4: Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen**

Von Daten zu Informationen zu Wissen

Alles digital oder was ... - Die große Digitalisierungswelle

KI, Datenbanken und Wissensbasierte Systeme

KI und neuronale Netze oder: Wie speichert der Mensch sein Wissen?

KI-Systeme sind etwas Technisches

Wir erzeugen neues Wissen

### **Kapitel 5: Alles logisch oder was?**

KI umfasst noch sehr viel mehr

Die Grundlagen der Logik

Aussagenlogik

Prädikatenlogik 1. Stufe (PL1)

Prädikatenlogik 2. Stufe (PL2)

Unabhängig von der KI: Was bedeutet das Ergebnis von Gödel erkenntnistheoretisch?

Zusammenfassung und Kritikpunkte zur klassischen Logik

## **Teil II: Wie lernt und denkt eine Maschine heute?**

## **Kapitel 6: Die Grundlagen des maschinellen Lernens**

[Die Rohstoffe des maschinellen Lernens](#)

[Einordnung des maschinellen Lernens](#)

[Bauen wir Modelle von der Welt](#)

[Statistik im Überblick](#)

[Von Datentypen, Kennzahlen und fiesen Fallstricken](#)

[Multivariate Statistik im mathematischen Detail](#)

[Zusammenfassung](#)

## **Kapitel 7: Kaum zu glauben - Die Maschine lernt richtige Regeln**

[Entscheidungsbäume](#)

[Assoziationsregeln](#)

[Ein interessantes Gütemaß: Die Interessantheit](#)

## **Kapitel 8: Neuronale Netze - Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn**

[Das Neuronenmodell](#)

[Die Topologie von neuronalen Netzwerken](#)

[Überblick über neuronale Lernverfahren](#)

[Probleme der neuronalen Netze beim Einsatz in der Praxis](#)

[Zusammenfassung](#)

## **Kapitel 9: Deep Learning - Der neue Clou der Künstlichen Intelligenz**

[Ein kleines bisschen Bildverarbeitung](#)

[Convolutional Neural Networks \(CNN\) - Neuronale Faltungsnetzwerke](#)

[Kritische Anmerkungen zum Deep Learning](#)

## **Kapitel 10: Generative KI und universelle Sprachmaschinen**

[Begriffe über Begriffe: Von Generativer KI, Foundation Models und Transformern](#)

[Das Prinzip der Sprachverarbeitung: Von Wörtern zu Vektoren](#)

[Es wird komplizierter und mächtiger – Sprachverarbeitung mit neuronalen Netzen](#)

[Ein 30 Jahre langer Weg zu den Transformern](#)

[Die Magie der Transformer-Architektur](#)

[Von semantischer Ähnlichkeit zur Aufmerksamkeit – Der Clou der neuen Sprachmaschinen](#)

[Vom lebenslangen Lernen](#)

[Ohne Genialität geht es einfach nicht](#)

[Und jetzt kommen wir endlich zu ChatGPT ...](#)

[Kommerzielle Sprachmaschinen](#)

[Wie klug sind die Sprachmaschinen eigentlich – Kognition, Stufe 3](#)

[Moderne Features von Sprachmaschinen](#)

[Von Pleiten, Pech und Pannen – Erste Grenzen der Sprachmaschinen](#)

[Die ultimativen Grenzen aller Sprachmaschine](#)

[Die Zukunft der Sprachmaschinen – Chancen und Risiken](#)

## **Teil III: Eine bunte Umsetzung der Künstlichen Intelligenz, denn alle Theorie ist grau**

### **Kapitel 11: Ist KI nur Mathematik?**

[Grenzen von Mathematik und Computern](#)

### **Kapitel 12: Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die KI im Schach und Go?**

[Wie konnte es so weit kommen?](#)

[Deep Blue gewinnt im Schach](#)

[AlphaGo gewinnt im Go](#)

[AlphaZero gewinnt alles](#)

[Zusammenfassung](#)

### **Kapitel 13: Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft**

[Künstliche Intelligenz in der Industrie](#)

[Künstliche Intelligenz in der Gesellschaft](#)

[Zusammenfassung und Diskussion](#)

## **Kapitel 14: Und immer wieder lernen - KI und die Daten unserer Welt**

[Was es alles gibt](#)

[Was ist Data Mining?](#)

[Der Data-Mining-Prozess in der Praxis](#)

[KI als die Data-Mining-Technologie der Industrie](#)

[Zusammenfassung](#)

[KI und Big Data - Fluch und Segen zugleich](#)

## **Kapitel 15: KI zum Anfassen - Arbeiten mit Tools**

[1. R und Python](#)

[2. Matlab - MATrix LABoratory für Ingenieure](#)

[3. KNIME - Konstanz Information Miner](#)

[4. TensorFlow - Das KI-Framework von Google](#)

[5. LabelMe - Ein Tool zum Annotieren von Bildern](#)

[Überleitung zu Teil IV](#)

## **Teil IV: Ist die Maschine bald klüger als der Mensch und fühlt sie sich wenigstens gut dabei?**

### **Kapitel 16: Materie und Geist - Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie**

[Wie klug ist die KI heute schon?](#)

[Generelles Nachdenken über den Geist und das Bewusstsein](#)

[Zusammenfassung](#)

### **Kapitel 17: Mit der Lupe ins Gehirn geschaut: Bewusstsein - Wo bist du?**

[Von der Philosophie des Geistes zurück zur empirischen Forschung](#)

[Wo und wie ist denn nun die Qualia abgespeichert?](#)

[Die Anatomie neuronaler Netze im menschlichen Gehirn](#)

[Die Physiologie der neuronalen Informationsverarbeitung](#)

[Eine wichtige Diskussion: Wetware versus Hardware - und Wetware gewinnt](#)

[Der große Vorteil der Wetware - Unsere heutige Hardware besitzt keine Qualia](#)

[Eine Hypothese: Zur Erzeugung und Nutzung von Bewusstsein benötigen wir quantenphysikalische Systeme](#)

[Zusammenfassung](#)

## **Kapitel 18: Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen**

[Quo vadis KI oder warum die Singularität ausfällt](#)

[Die Evolution der Schwachen KI](#)

[Die Evolution der Starken KI](#)

[Wider alle Technik - Wir müssen über Ethik reden](#)

[Die ultimativen, unüberwindbaren Grenzen jeder algorithmischen KI und Konsequenzen](#)

[Diskussion der Zukunftsszenarien](#)

## **Teil V: Der Top-Ten-Teil**

### **Kapitel 19: Zehn Begriffe und Einordnungen**

[Damit Sie die KI nicht missverstehen](#)

[Tipps für Studenten](#)

[Tipps für Manager](#)

[Und ein kleiner Tipp für Politiker und interessierte Laien](#)

[Es gibt auch Big Data](#)

[Ein Einstieg für Interessierte mithilfe des Internets](#)

[Werden Sie aktiv - Probieren Sie selbst mal was aus](#)

[Haben Sie Freude mit KI-Anwendungen](#)

[KI ist gut organisiert](#)

[Führen Sie KI in Ihrem Unternehmen ein oder werden Sie dafür verantwortlich](#)

## **Literaturliste**

## **Abbildungsverzeichnis**

## **Stichwortverzeichnis**

## **End User License Agreement**

# Tabellenverzeichnis

## Kapitel 2

[Tabelle 2.1: Überblick über Meilensteine bei der Entwicklung der KI](#)

## Kapitel 3

[Tabelle 3.1: Beispielhafte Lerndaten für eine KI zum selbstständigen Erlernen de...](#)

[Tabelle 3.2: Einordnung der Künstlichen Intelligenz in verschiedene Intelligenzs...](#)

## Kapitel 4

[Tabelle 4.1: Datentabelle aus einem technischen Prozess](#)

## Kapitel 5

[Tabelle 5.1: Gegenüberstellung Mensch und Maschine](#)

[Tabelle 5.2: Zwei Wahrheitstabellen der Negation mit Ziffern \(0, 1\) beziehungsweise...](#)

[Tabelle 5.3: Möglichkeiten einer logischen Verknüpfung zweier Aussagen](#)

[Tabelle 5.4: Die klassischen Junktoren der Aussagenlogik](#)

[Tabelle 5.5: Intuitive Implikation](#)

[Tabelle 5.6: Wahrheitstabelle für die Implikation](#)

[Tabelle 5.7: Darstellung der Implikation mit NICHT- und UND-Gliedern](#)

[Tabelle 5.8: Einführung eines NICHT-ODER-Junktors](#)

[Tabelle 5.9: Überblick zur klassischen Logik](#)

## Kapitel 6

[Tabelle 6.1: Messergebnisse für einen Drehzahlmessversuch](#)

[Tabelle 6.2: Vor- und Nachteile der verschiedenen Arten der Modellbildung](#)

[Tabelle 6.3: Tabelle mit zwei Spalten von Daten](#)

[Tabelle 6.4: Mögliche Korrelationsergebnisse aus der Praxis und ihre Interpretat...](#)

[Tabelle 6.5: Praxisanwendungen für multivariate Regressionsanalysen](#)

[Tabelle 6.6: Eine für Data Mining geeignete Datentabelle zur Struktursuche durch...](#)

## **Kapitel 7**

[Tabelle 7.1: Datentabelle mit relativen und bedingten Häufigkeiten und zwei visu...](#)

[Tabelle 7.2: Modelldatensatz zur Regelgenerierung für eine Zielgröße X4](#)

[Tabelle 7.3: Berechnung der Interessantheit von Regeln](#)

## **Kapitel 8**

[Tabelle 8.1: Wahrheitstabelle einer logischen AND- und XOR-Verknüpfung](#)

[Tabelle 8.2: Neuronale Lernregeln im Überblick, Details auf den Folgeseiten](#)

[Tabelle 8.3: Anwendung der Delta-Lernregel zum Erlernen einer Addition](#)

[Tabelle 8.4: Übersicht über mögliche Klassifikationsergebnisse einer binären Kla...](#)

[Tabelle 8.5: Überblick über neuronale Netze](#)

## **Kapitel 10**

[Tabelle 10.1: Entwicklung von ChatGPT](#)

[Tabelle 10.2: Mittlerweile sind die Kontextfenster für einen Chatverlauf riesen...](#)

[Tabelle 10.3: Transformer wie GPT-3 bestehen aus mehreren nahezu identischen Sc...](#)

[Tabelle 10.4: Vergleich von Embedding-Dimensionen und Attention Heads](#)

[Tabelle 10.5: Auflistung von aktuell interessanten Sprachmaschinen \(Sommer 2025\)...](#)

[Tabelle 10.6: Zusammenstellung von Aufgaben und möglichen Sprachwerkzeugen](#)

## **Kapitel 11**

[Tabelle 11.1: Nur für Fachinteressenten: Unendlich ist nicht gleich unendlich.](#)

## **Kapitel 14**

[Tabelle 14.1: Anwendungen von Data-Mining-Verfahren in Industrie und Gesellschaf...](#)

[Tabelle 14.2: Übersicht über Modellbildungsverfahren](#)

[Tabelle 14.3: Vergleich von Modellgenauigkeiten für lineare und neuronale Regres...](#)

[Tabelle 14.4: Typische Optimierungsziele in technischen Prozessen](#)

[Tabelle 14.5: Gewichtung konkurrierender Prozessziele für eine Polyoptimierung](#)

[Tabelle 14.6: Überblick über den Stand der Technik kommerzieller Anwendungsziele...](#)

## **Kapitel 16**

[Tabelle 16.1: Wie klug war die KI im Jahre 2014?](#)

[Tabelle 16.2: Wie klug war die KI im Jahre 2016?](#)

[Tabelle 16.3: Gegenüberstellung der Fähigkeiten von Mensch und Maschine](#)

## **Kapitel 17**

[Tabelle 17.1: Gegenüberstellung technischer Parameter von Gehirn und speziellen ...](#)

[Tabelle 17.2: Gegenüberstellung Gehirn und El Capitan](#)

# **Illustrationsverzeichnis**

## **Kapitel 3**

[Abbildung 3.1: Grundstruktur eines Regelkreises zur Toilettenspülung](#)

[Abbildung 3.2: Erzeugung von neuem Wissen über die Welt](#)

[Abbildung 3.3: Anwendung des deduktiven Wissenserwerbs an einem Beispiel](#)

[Abbildung 3.4: Mögliche Kausalketten zur Erzeugung von Kopfschmerzen](#)

[Abbildung 3.5: Legen Sie ein Streichholz so um, dass die mathematische Aussage w...](#)

[Abbildung 3.6: Anwendung der KI zur Addition von Quadratzahlen](#)

[Abbildung 3.7: Der Intelligenzcubus und Einordnung der Intelligen...](#)

[Abbildung 3.8: Der Turing-Test auf Intelligenz](#)

[Abbildung 3.9: Microsofts Chatbot Tay meldet sich im Netz ab.](#)

[Abbildung 3.10: Das Chinesische Zimmer](#)

## **Kapitel 4**

[Abbildung 4.1: Ein elementares Datum – ein schwarzer Punkt auf einem weißen Papi...](#)

[Abbildung 4.2: Eine chinesische Zeitung \(© Paco Ayala – stock.adobe.com...](#)

[Abbildung 4.3: Die Übertragung von Bedeutung geht nur mittels materieller Zeiche...](#)

[Abbildung 4.4: Nachbau eines der ersten Computer der Welt nach Konrad Zuse \(© Ud...](#)

[Abbildung 4.5: Wir speichern zwei Zustände 0 oder 1 mit einem Relais.](#)

[Abbildung 4.6: Architektur einer Datenbank](#)

[Abbildung 4.7: Aufbau eines Expertensystems](#)

[Abbildung 4.8: Das logische UND mit Relais gebaut](#)

[Abbildung 4.9: Ein Agent bildet Eingangsdaten \(Sensoren\) auf Ausgangsdaten \(Akto...](#)

[Abbildung 4.10: Verteilte Agenten in einem Multi-Agenten-System](#)

[Abbildung 4.11: Agenten \(Ai\) in einem technischen Prozess](#)

[Abbildung 4.12: Semantisches Netz](#)

[Abbildung 4.13: Ausschnitt aus einem neuronalen Netz im Gehirn](#)

## **Kapitel 5**

[Abbildung 5.1: Elektrisches Schaltbild eines NOR-Gatters](#)

## **Kapitel 6**

[Abbildung 6.1: Eine mögliche Klassifikation der Künstlichen Intelligenz](#)

[Abbildung 6.2: Methoden der Modellbildung](#)

[Abbildung 6.3: Getriebe zur Übersetzung einer Drehzahl \(Getriebe © Sashkin – sto...](#)

[Abbildung 6.4: Visualisierung von Ausgangsdrehzahl \( \$y\$  in u/min\) über Eingangsdre...](#)

[Abbildung 6.5: Modell eines Getriebes mit geschätzter Übertragungsfunktion](#)

[Abbildung 6.6: Zusammenhang zwischen persönlichen Merkmalen und Bonitätsscore be...](#)

[Abbildung 6.7: Welche Möglichkeiten bietet das maschinelle Lernen?](#)

[Abbildung 6.8: Unterschied zwischen Median und Mittelwert an einem Beispiel](#)

[Abbildung 6.9: Darstellung der Datentabelle in einem x-y-Scatterplot mithilfe de...](#)

[Abbildung 6.10: Lineare Schätzung \(Regressionsgerade\) für eine gegebene Punktwol...](#)

[Abbildung 6.11: Nichtlineare Schätzung für eine gegebene Punktwolke](#)

[Abbildung 6.12: Zwei Untergruppen in einer Punktwolke aus Daten](#)

[Abbildung 6.13: Erderwärmung von 1975 bis 2022, Quelle: \[Nasa.gov/giss...](#)

[Abbildung 6.14: Erderwärmung von 2016 bis 2022, Quelle: \[Nasa.gov/giss...](#)

[Abbildung 6.15: Zwei Sinuskurven im Zeitverlauf](#)

[Abbildung 6.16:  \$r\_{xy} = +1\$ : lineare Abhängigkeit zwischen zwei Sinusfunktionen](#)

[Abbildung 6.17: Die Korrelation zwischen den Variablen X und Y ist  \$r\_{xy} = 0\$ , denn...](#)

[Abbildung 6.18:  \$r\_{xy} = 0\$ : Keine stochastische Abhängigkeit zwischen X und Y](#)

[Abbildung 6.19: Verteilungshistogramm von verkauften Zahncremetuben pro Monat](#)

[Abbildung 6.20: Der Abverkauf der Zahncreme \(y-Achse\) hängt vom Preis \(x-Achse\) ...](#)

[Abbildung 6.21: Ein lineares Modell für den Zusammenhang Abverkauf und Preis](#)

[Abbildung 6.22: Zwei Bestimmtheitsmaße für eine schlechte \(links\) und eine gute ...](#)

[Abbildung 6.23: Schätzung des Abverkaufs mit Polynom 4. Ordnung](#)

[Abbildung 6.24: Ein Datensatz aus drei Merkmalen angeordnet in drei Clustern](#)

[Abbildung 6.25: Zugehörigkeit eines Datensatzes beim Fuzzy-Clustern](#)

## **Kapitel 7**

[Abbildung 7.1: Berechnung des Informationsgewinns  \$I\_{\text{gain}}\$  auf der ersten Entscheid...](#)

[Abbildung 7.2: Entscheidungsbaum mit insgesamt sieben grauen Blättern auf Daten ...](#)

[Abbildung 7.3: C5.0-Entscheidungsbaum auf Daten nach Tabelle 7.1](#)

[Abbildung 7.4: C4.5-Entscheidungsbaum auf Daten nach Tabelle 7.1](#)

[Abbildung 7.5: Anwendungsbeispiel eines Entscheidungsbaums in einer chemischen F...](#)

[Abbildung 7.6: Gerichtete Assoziationsregeln auf Datensatz nach Tabelle 7.2](#)

[Abbildung 7.7: Assoziationsregeln sortiert nach Konfidenz auf Viskositätsdaten n...](#)

[Abbildung 7.8: Regelbaum zur Optimierung einer Marketingaktion](#)

## **Kapitel 8**

[Abbildung 8.1: Schematischer Aufbau eines künstlichen Neurons](#)

[Abbildung 8.2: Aufbau eines binären Neurons als einfaches Perceptron](#)

[Abbildung 8.3: Lineare Separierung in einem Datenraum durch einzelne Neurone](#)

[Abbildung 8.4: Gescheiterte Versuche der Darstellung einer logischen XOR-Verknüp...](#)

[Abbildung 8.5: Architektur eines Perceptron-Netzwerks mit zwei neuronalen Schich...](#)

[Abbildung 8.6: Architektur von neuronalen Feed-Forward-Modellen](#)

[Abbildung 8.7: Zwei aktive Neuronen  \$i\$  und  \$j\$  in einem Netzwerk](#)

[Abbildung 8.8: Topologie eines neuronalen Netzes zum Lernen mit der Delta-Lernre...](#)

[Abbildung 8.9: Adaption eines Gewichts  \$w\_{ij}\$  für einen gegebenen Datensatz  \$\{x\_1 = 3...\$](#)

[Abbildung 8.10: Aktivierungsfunktion \(tanh\) eines Neurons der Ausgabeschicht](#)

[Abbildung 8.11: Sechs Neuronen mit jeweils zwei Eingängen in einem Competitive N...](#)

[Abbildung 8.12: Vektordarstellung eines Competitive Networks in einem zweidimens...](#)

[Abbildung 8.13: Aufbau einer »6 · 6«-SOM-Karte \(SOM-Gitter\) mit jeweils drei Ein...](#)

[Abbildung 8.14: Gegenüberstellung von Kohonen-Karte und Merkmalsraum](#)

[Abbildung 8.15: Entfaltung einer SOM-Karte mit 6 · 7 Neuronen auf einer dreidime...](#)

[Abbildung 8.16: Darstellung von drei Clustern C1, C2, C3 und Initialisierungspun...](#)

[Abbildung 8.17: Visualisierung von Clustern auf einer SOM-Karte](#)

[Abbildung 8.18: SOM-Karten zum optimalen Entwurf eines chemischen Prozesses](#)

[Abbildung 8.19: Das Generalisierungsproblem anhand optimaler und nicht optimaler...](#)

[Abbildung 8.20: Overfitting eines neuronalen Netzes mit 300 Hidden-Neuronen \(hel...](#)

[Abbildung 8.21: Optimal gelerntes neuronales Netz mit sieben Hidden-Neuronen \(he...](#)

[Abbildung 8.22: Aufteilung der Originaldaten in Lern-, Validierungs- und Testdat...](#)

## **Kapitel 9**

[Abbildung 9.1: Ein Bild mit verschiedenen Farb-/Grauwerten \(Grauwerte sind um de...](#)

[Abbildung 9.2: Darstellung der Grauwerte und ihrer Ableitungen von einer Bildzei...](#)

[Abbildung 9.3: Prinzip der Detektion waagerechter Kanten mit Faltungskernen der ...](#)

[Abbildung 9.4: Anwendung eines modifizierten Sobel-Operators \(Kanten-Operators\) ...](#)

[Abbildung 9.5: Von einem CNN selbst gelernte Faltungskerne \[Hinton 2012\]; mit fr...](#)

[Abbildung 9.6: Faltungsoperation eines Bildes mit einem vorher angelernten 3 x 3...](#)

[Abbildung 9.7: Die KI von Google klassifiziert das Bild als Hund aus \[labsix.co...](#)

[Abbildung 9.8: Deep-Learning-Netze sind sich zu 99 Prozent sicher, in den Bilder...](#)

[Abbildung 9.9: Der Google-Inception-v3-Classifer erkennt Bilder in einigen Posi...](#)

## Kapitel 10

[Abbildung 10.1: Eine mögliche, semantisch korrekte Zuordnung von Zahlen und Wört...](#)

[Abbildung 10.2: Eine fast willkürliche Darstellung von Wörtern der deutschen Spr...](#)

[Abbildung 10.3: Die Darstellung von Wortvektoren als Pfeile](#)

[Abbildung 10.4: Bestimmung eines Folgewortes durch Nutzung von Kontextvektoren a...](#)

[Abbildung 10.5: Wortvektoren eines Satzes und berechneter Kontextvektor. Aus Grü...](#)

[Abbildung 10.6: Prinzipbild zur Vorhersage der Wahrscheinlichkeit für fehlende W...](#)

[Abbildung 10.7: Mit neuronalen Netzen kann man Embedding-Vektore...](#)

[Abbildung 10.8: Bei der semantisch korrekten Abbildung von Wortv...](#)

[Abbildung 10.9: RNN-Netzwerk zur Bearbeitung von 2D-Wortvektoren mit zwei Eingab...](#)

[Abbildung 10.10: Struktur eines LSTM-Netzes...](#)

[Abbildung 10.11: Die allgemeine Transformer-Architektur nach Vaswani et al. \[Vas...](#)

[Abbildung 10.12: Das Prinzip eines autoregressiven Decoders, der Wortfolgen gene...](#)

[Abbildung 10.13: Übersicht über die Auswirkung verschiedener Schlüsselwörter auf...](#)

[Abbildung 10.14: Drehen des Vektors \*möchte\* auf das Zielwort \*Kino\* durch eine...](#)

[Abbildung 10.15: Der Antwortverlauf von ChatGPT kann je nach Einstellung zufalls...](#)

[Abbildung 10.16: Einstiegsmaske von ChatGPT und eine erste Aufg...](#)

[Abbildung 10.17: Einstiegsmaske von DeepSeek und eine erste Auf...](#)

[Abbildung 10.18: Hugging Face, der Startpunkt für sehr viele KI...](#)

[Abbildung 10.19: Der IQ von Sprachsystemen \[https://trackingai.org/home...](#)

[Abbildung 10.20: KI kann Spaß machen. Wir suchen nach einem blo...](#)

Sprachmaschinen [359](#)  
    Geschichte [298](#)  
    neuronale [323](#)  
Sprachsteuerung [412](#)  
Sprachübersetzung [413](#)  
Sprachverarbeitung  
    mit neuronalen Netzen [312](#)  
Sprachverarbeitung, maschinelle [308](#)  
SPSS [472](#)  
Spyder [472](#)  
Starke KI [536](#)  
Statistik [174](#)  
Statistische Modellbildung [438](#)  
Stratifikation [279](#)  
Streudiagramm [183](#)  
Streuung [202](#)  
Strukturanalyse [186](#)  
Substanzdualismus [492](#)  
Supervised learning [247](#)  
Support [219](#), [227](#)  
Syllogismus [124](#)  
Symbolmanipulation [379](#)  
Synapse [505](#)  
Synchronizitäten [511](#)  
syntaktische [91](#)  
Syntaktische Menge [84](#)

## T

Tautologie [132](#)  
Technische Singularität [511](#)  
TensorFlow [472](#), [477](#)  
Token [303](#)  
Token-Sonderfälle [304](#)  
Topografisches Produkt [272](#)  
Torch [472](#)  
Transformationen, lineare [319](#)  
Transformer [333](#)  
Transformer-Architektur [301](#), [327](#), [329](#)  
Transformer-Netzwerk [327](#)  
Transhumanismus [543](#)  
Turing, Alan [44](#), [148](#)

## U

Überanpassung [275](#), [277](#)  
Übertragungsfunktion eines Neurons [233](#)  
Überwachtes Lernverfahren [247](#)  
UND/AND [127](#)-128  
Univariate Statistik [180](#)  
Unsupervised Learning [248](#)  
Unüberwachtes Lernverfahren [248](#)  
User Interface [108](#)

## V

Value [343](#)  
Value Network [391](#)  
Vaswani, Ashish [49](#), [299](#)  
Vaucanson, Jacques de [43](#)  
Vektoralgebra [302](#), [320](#), [330](#)  
Vektorraum [308](#)  
Verhältnisskala [178](#)  
Verknotungsmaß [272](#)  
Versuchsplanung [437](#)  
Vertrauensgrenzen von Schätzungen [279](#)  
Vinci, Leonardo da [43](#)  
Viskosität [214](#), [218](#)  
Visuelle Neuromorphe Computer [520](#)

## W

Wahrscheinlichkeitstheorie [174](#)  
Watson [401](#)  
WatsonX [402](#)  
Weka [472](#)  
Wellenfunktionen [498](#), [514](#), [542](#)  
WENN-DANN [127-128](#), [130](#)  
What-if-Analyse [440](#)  
Whitebox-Methode [170](#)  
Wissensbasiertes System [109](#)  
Wissensbasis [105-106](#)  
Wissenserwerbskomponente [105](#), [108](#)  
Wissensrepräsentation [109](#)

Wolfram Mathematica [472](#)  
Word2Vec [314](#)  
Wordvektoren [310](#), [585](#)  
World Wide Web [115](#)  
Wortvektoren [305](#), [312](#), [344](#), [585](#)  
zweidimensionale [306](#)

## X

x-y-Scatterplot [183](#)

## Z

Z1 (Computer) [98](#)  
Z3 (Computer) [99](#)  
Zehnfach-Kreuzvalidierung [279](#)  
Zeichenkette [86](#)  
Zentrale Produktionsplanung [408](#)  
Zugnetzwerk [391](#)  
Zusammenhangsanalyse [186](#)  
Zuse, Konrad [98](#)  
Zustände, mentale [483](#)-487, [493](#)-495  
Zustände, neuronale [487](#), [493](#)  
Zwei binäre Neuronen [242](#)  
Zwei-Token-Wörter [304](#)