

---

Künstliche Intelligenz (KI) realistisch betrachten

---

Den Traum von der KI klar definieren

---

Grenzen zwischen Fiktion und Realität erkennen

---

KI und maschinelles Lernen unterscheiden

---

Technische Aspekte von KI und maschinellem Lernen verstehen

---

Technische und kreative Vorgehensweisen vereinen

---

## Kapitel 1

# Künstliche Intelligenz in Fiktion und Realität

**D**as Thema *Künstliche Intelligenz (KI)* ist heutzutage in aller Munde, nicht zuletzt auch dank der Erfolge von Technologien wie Siri (<http://www.apple.de/ios/siri/>). Es ist nicht nur amüsant, sondern auch hilfreich, dass man einfach sein Smartphone nach der besten Pizzeria in der Stadt oder nach der Wegbeschreibung zur Konzerthalle fragen kann. Je öfter Sie mit Ihrem Smartphone reden, desto besser erkennt es Ihre Sprechweise und desto seltener gibt es Verständnisprobleme. Die Fähigkeit Ihres Smartphones, Ihre individuellen Sprachmuster zu erlernen und korrekt zu interpretieren, ist ein Beispiel für künstliche Intelligenz. Und ein Teil der Technologie, die dies ermöglicht, ist das maschinelle Lernen. Wahrscheinlich nutzen Sie im Alltag ständig maschinelle Lernverfahren und KI-Systeme, ohne dass Sie sich dessen bewusst sind. Wenn Sie beispielsweise Geräte mit Sprachbefehlen steuern, dann steckt dahinter ein maschinelles Lernverfahren. Gleiches gilt für Empfehlungssysteme, die Ihnen bei Händlern wie Amazon relevante Produkte basierend auf Ihren bisherigen Käufen oder auf Ähnlichkeiten mit gerade betrachteten Produkten vorschlagen. Es ist davon auszugehen, dass KI-Systeme und das maschinelle Lernen in Zukunft eine immer wichtigere Rolle spielen werden.

In diesem Kapitel betrachten wir die künstliche Intelligenz aus verschiedenen Blickwinkeln und erläutern, welche Rolle sie für Verbraucher, Wissenschaftler und Techniker spielt. Außerdem lernen Sie den Unterschied zwischen KI und maschinellem Lernen kennen. Diese beiden Begriffe sind zwar verwandt, bezeichnen aber keineswegs dasselbe.

## Eine realistische Betrachtung von KI

Bahnbrechende neue Technologien sorgen oft für viel Wirbel und wilde Spekulationen. KI bildet hier keine Ausnahme. Doch wenngleich manche Medien mit angsterregenden Szenarien aufwarten, müssen Sie sich kaum um Killerroboter wie aus dem Film *Terminator* sorgen. Vielmehr werden Ihnen intelligente Androiden wahrscheinlich in Form von Pflegekräften (<http://info.arte.tv/de/buddy-ein-roboter-fuer-senioren>) oder gar Arbeitskollegen (<https://www.it-daily.net/it-management/digitale-transformation/13527-amelia-die-kognitive-kollegin-von-morgen>) begegnen. Tatsächlich nutzen Sie schon heute ganz alltägliche KI-Systeme und maschinelle Lernverfahren. Lesen Sie dieses Kapitel also vor allem auch, damit Sie die Grenzen zwischen Hype und Realität erkennen.



Die Begriffe *künstliche Intelligenz* und *maschinelles Lernen* werden oft synonym verwendet. Korrekt ist dies allerdings nicht. KI umfasst zwar auch das maschinelle Lernen. Umgekehrt ist aber das maschinelle Lernen nicht deckungsgleich mit KI. In diesem Kapitel lernen Sie die beiden Begriffe zu unterscheiden, damit Sie die Zusammenhänge in diesem einst als Science-Fiction geltenden Forschungsfeld besser verstehen.

Maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz zeichnen sich beide durch wesentliche technische Komponenten aus. Das heißt, beide Konzepte beruhen nicht nur auf *Hypothesen* (Erklärungsversuche für beobachtete Phänomene), sondern lassen sich durch eine grundlegende *Theorie* (fundierte und geprüfte Erklärungen) präzise quantifizieren. Wichtig ist bei beiden Konzepten außerdem eine wissenschaftliche Herangehensweise, mit der sich neue Ideen testen und Denkprozesse abbilden lassen. Zu guter Letzt schadet beim maschinellen Lernen auch eine gewisse kreative Veranlagung nicht, denn manche Problemstellungen lassen sich mit Logik allein nicht bewältigen.

### Ja, es gibt autonome Waffensysteme

Um eventuellen Leserbriefen vorzubeugen, sei an dieser Stelle betont: Ja, wir wissen, dass in so manch geheimem Labor auch an autonomen Waffensystemen gewerkelt wird. Ethische Aspekte von KI werden zwar in diesem Buch erwähnt – unser Hauptaugenmerk gilt aber positiven Einsatzbereichen von KI, bei denen Menschen unterstützt statt umgebracht werden. Dies entspricht auch den aktuellen Forschungsschwerpunkten. Spekulative Artikel zum Für und Wider von KI finden Sie online unter anderem beim *SPIEGEL*: <http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/elon-musk-und-stephen-hawking-warnen-vor-autonomen-waffen-a-1045615.html>.

Falls Sie sich denn wirklich gruseln möchten, bietet das Internet zahlreiche Seiten mit ausführlicheren Abhandlungen über vollständig autonome Waffensysteme (zum Beispiel <http://cicero.de/weltbuehne/autonome-waffensysteme-drohnen-waren-gestern/59389>). Es gibt aber auch Kampagnen wie *Killer-Roboter stoppen* (<http://www.killer-roboter-stoppen.de/>), die solch düsteren Zukunftsvisionen vorbeugen wollen. Und wenn Sie sich namhaften Persönlichkeiten wie Stephen Hawking, Elon Musk, Steve Wozniak oder Noam Chomsky anschließen und eine Petition gegen autonome Waffensysteme unterzeichnen möchten, können Sie dies unter <http://futureoflife.org/open-letter-autonomous-weapons/> tun.

## Träume von elektrischen Schafen

*Androiden* (menschenähnliche Roboter wie Data aus *Star Trek*) und einige *humanoide Roboter* (hochentwickelte Roboter wie C-3PO aus *Krieg der Sterne*, die zwar gewisse menschliche Eigenschaften haben, sich aber klar von Menschen unterscheiden) dienen als Paradebeispiele für KI und stellen eine vermenschlichte Form von Computern dar. Es ist durchaus möglich, dass menschliche und künstliche Wesen eines Tages kaum noch zu unterscheiden sein werden. Science-Fiction-Autoren wie Philip K. Dick haben dies schon lange vorhergesagt und könnten angesichts aktueller Entwicklungen wohl recht behalten. In seinem Roman »Träumen Androiden von elektrischen Schafen?« geht es um die Frage, was den Menschen zum Menschen macht. Diese Thematik wird auch im Film *Blade Runner* ([http://www.warnerbros.de/homevideo/blade\\_runner\\_final\\_cut.html](http://www.warnerbros.de/homevideo/blade_runner_final_cut.html)) aufgegriffen. Die folgenden Abschnitte schildern, wie weit die derzeitige Technik von den Darstellungen in Büchern und Filmen noch entfernt ist.



Wenngleich wir heute bereits lebensgetreue Roboter erschaffen können, sieht und hört man ihnen sofort an, dass es sich um Androiden handelt. In zahlreichen Videos im Internet können Sie sich selbst davon überzeugen. Schauen Sie sich zum Beispiel die japanischen Roboter unter <https://www.youtube.com/watch?v=MaTfzYDZG8c> oder <https://www.youtube.com/watch?v=y0LeKmwAttg> an. Ein schon sehr leistungsstarkes Modell ist Amelia von IPsoft (<https://vimeo.com/154631312>), das unter <https://www.it-daily.net/it-management/digitale-transformation/13527-amelia-die-kognitive-kollegin-von-morgen> näher vorgestellt wird. Trotz aller Fortschritte bleibt aber festzuhalten, dass wir gerade erst am Anfang der Entwicklung von menschenähnlichen Robotern und Androiden stehen.

## Die Entstehungsgeschichte von KI und maschinellem Lernen

Neben dem Bedürfnis nach Vermenschlichung gibt es einen weiteren Grund, aus dem Menschen Androiden als ultimative Form der KI erachten. Schon die alten Griechen widmeten sich der Frage, ob man den menschlichen Verstand in einem mechanischen Körper nachbilden könnte. Einer der bekanntesten Mythen ist der des Riesen Talos ([https://de.wikipedia.org/wiki/Talos\\_\(Riese\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Talos_(Riese))). Und da den Griechen tatsächlich die Konstruktion komplexer mechanischer Geräte gelang, von denen lediglich der Mechanismus von Antikythera erhalten ist (siehe [https://de.wikipedia.org/wiki/Mechanismus\\_von\\_Antikythera](https://de.wikipedia.org/wiki/Mechanismus_von_Antikythera)), können wir davon ausgehen, dass sie ihre theoretischen Überlegungen auch versucht haben, in die Praxis umzusetzen. Im Laufe der Jahrhunderte haben denkfähige mechanische Wesen immer wieder die Fantasie der Menschheit angeregt (als weiteres Beispiel sei der Golem des Rabbi Judah Löw genannt, <https://www.srf.ch/kultur/gesellschaft-religion/der-riese-golem-und-die-roboter>).

KI beruht auf der Hypothese, dass sich Gedanken mechanisch nachbilden lassen. Im ersten Jahrtausend widmeten sich vor allem griechische, indische und chinesische Philosophen dieser Herausforderung. Im siebzehnten Jahrhundert diskutierten dann Gottfried Leibniz, Thomas Hobbes und René Descartes die Möglichkeit, Gedanken einfach mithilfe mathematischer Symbole abzubilden. Damals wie heute ist die Komplexität dieses Vorhabens nur

schwer greifbar (ungeachtet aller Fortschritte, über die Sie in Teil III dieses Buches mehr erfahren werden). Die Idee von der künstlichen Intelligenz existiert also seit langer Zeit – die praktische Implementierung von KI hingegen ist relativ neu.

Als Geburtsstunde der KI in ihrer heutigen Form gilt die Veröffentlichung des Fachaufsatzes »Computing Machinery and Intelligence« von Alan Turing im Jahre 1950. In diesem Aufsatz beschäftigte sich Turing mit der Frage, ob und wie sich das Denkvermögen von Maschinen feststellen ließe. Zu diesem Zweck schlug er ein inzwischen als Turing-Test bekanntes Experiment mit drei Teilnehmern vor. Teilnehmer A ist ein Computer, Teilnehmer B ist ein Mensch. Beide müssen Teilnehmer C (ein weiterer Mensch, der aber weder A noch B sehen kann) davon überzeugen, dass sie ein Mensch sind. Falls Teilnehmer C nicht mit Sicherheit sagen kann, wer Mensch und wer Maschine ist, hat der Computer den Turing-Test bestanden.

Ein fortwährendes Problem mit KI ergibt sich durch ungebremsen Optimismus. Die Aufgaben, die Wissenschaftler mit KI-Systemen zu lösen versuchen, sind äußerst komplex. Der frühe Optimismus der 50er und 60er Jahre verführte jedoch zur Annahme, dass es in nur zwanzig Jahren ausgereifte intelligente Maschinen geben würde. Schließlich konnten die damaligen Rechenmaschinen schon komplizierte Spiele und viele weitere Aufgaben bewältigen. Ganz so schnell ging es mit der Entwicklung dann doch nicht voran. Inzwischen können KI-Systeme aber beispielsweise in der Logistik, Datenanalyse und medizinischen Diagnostik beeindruckende Erfolge vorweisen.

## Der Beitrag von maschinellem Lernen zur KI

Beim maschinellen Lernen werden riesige Datenmengen mithilfe von Algorithmen analysiert. Mit derzeitigen maschinellen Lernverfahren ist aber KI, wie Sie sie aus Filmen kennen, noch nicht möglich. Selbst die besten Algorithmen können weder denken noch fühlen. Sie haben kein Bewusstsein und können keinen freien Willen ausüben. Was mit maschinellem Lernen aber möglich ist, sind prädiktive Analysen, und zwar in einem Tempo, mit dem kein Mensch mithalten kann. Dadurch lassen sich zahlreiche Aufgaben viel effizienter erledigen. Die moderne KI wird also primär zur Durchführung von Analysen eingesetzt – die ethische und moralische Auswertung der Analyseergebnisse obliegt jedoch weiterhin dem Menschen. Der Abschnitt *Die Beziehung zwischen KI und maschinellem Lernen* in diesem Kapitel befasst sich ausführlicher damit, wie maschinelle Lernverfahren zur KI beitragen. Wichtig ist an dieser Stelle, dass das maschinelle Lernen – wie der Name schon sagt – nur den Aspekt des Lernens der KI abdeckt. Und dieser Aspekt hinkt der filmischen Fiktion noch weit hinterher.



Die teils schwammige Unterscheidung zwischen *Lernen* und *Intelligenz* ergibt sich aus der Fehlannahme, dass eine Maschine, die ihre Aufgabe nach und nach besser erledigt (durch Lernen), ein Bewusstsein entwickelt haben muss (Intelligenz). Dafür gibt es aber keine Beweise. Ebenso unsinnig ist die Annahme, dass Computer absichtlich Fehler erzeugen, um die Benutzer zu verärgern. Ein Computer hat keine Gefühle und verarbeitet schlicht die erhaltenen Eingaben, so wie es das jeweilige

Programm vorschreibt. Von echter KI können wir erst dann sprechen, wenn es Computern gelingt, drei wichtige Aspekte unserer natürlichen Welt nachzuahmen:

- ✓ **Genetik:** langsame Lernprozesse von einer Generation zur nächsten
- ✓ **Unterricht:** schnelle Lernprozesse dank organisierter Quellen
- ✓ **Erkundung:** spontanes Lernen durch Medien und Interaktionen mit anderen

## Die Ziele des maschinellen Lernens

Gegenwärtig basiert die KI auf maschinellem Lernen, was sich wiederum wesentlich von der Statistik unterscheidet. Zwar kommen gewisse statistische Verfahren zum Einsatz, jedoch trifft das maschinelle Lernen andere Annahmen als die Statistik, weil unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Tabelle 1.1 stellt wichtige Punkte beim Vergleich von KI und maschinellem Lernen mit der Statistik gegenüber.

Methode	Maschinelles Lernen	Statistik
Datennutzung	Arbeitet mit großen Datenmengen (»Big Data«) in Form von Netzen und Graphen; Rohdaten von Sensoren oder aus dem Web werden in Trainings- und Testdaten zerlegt.	Mithilfe von Modellen lassen sich auch aus kleinen Stichproben zuverlässige Vorhersagen ableiten.
Dateneingabe	Die Daten werden abgetastet, stichprobenartig erfasst und transformiert, um eine maximale Vorhersagegenauigkeit bei neuen oder nicht zur Stichprobe gehörigen Beispielen zu erzielen.	Parameter interpretieren Ereignisse der realen Welt und ordnen deren Ausmaß ein.
Ergebnis	Wahrscheinlichkeiten werden bei der Auswahl der besten Mutmaßung oder Entscheidung einbezogen.	Das Ergebnis erfasst die Variabilität und Unsicherheit von Parametern.
Annahmen	Der Wissenschaftler lernt aus den Daten.	Der Wissenschaftler nimmt ein bestimmtes Ergebnis an und versucht, es zu beweisen.
Verteilung	Die Verteilung ist unbekannt oder wird ignoriert, bevor anhand der Daten gelernt wird.	Der Wissenschaftler geht von einer klar definierten Verteilung aus.
Modellanpassung	Der Wissenschaftler erstellt ein bestmöglich angepasstes, aber verallgemeinerbares Modell.	Das Ergebnis wird auf die gegenwärtige Datenverteilung angepasst.

**Tabelle 1.1:** Vergleich von maschinellem Lernen und Statistik

## Einschränkungen beim maschinellen Lernen durch Hardware

Riesige Datenmengen erfordern riesige Datenspeicher. Zur Verarbeitung bedarf es außerdem entsprechend schneller Prozessoren mit mehreren Kernen. Wissenschaftler sind daher bestrebt, vorhandene Hardware effizienter zu nutzen. Manchmal ist es auch nicht möglich,

tagelang auf die Lösung für ein maschinelles Lernproblem zu warten. In solchen Fällen wird eine schnelle Antwort bevorzugt, selbst wenn sie vielleicht ungenauer ist. Unter diesen Gesichtspunkten erfordern Investitionen in bessere Hardware auch Investitionen in bessere wissenschaftliche Verfahren. Dieses Buch geht daher auf einige der folgenden Aspekte genauer ein:

- ✓ **Brauchbare Ergebnisse erzielen:** Beim Durcharbeiten des Buches werden Sie erkennen, dass man vor dem Feinschliff erst einmal ein brauchbares Ergebnis benötigt. Außerdem kann man es mit der Feinanpassung eines Algorithmus auch übertreiben, wodurch Ergebnisse unzuverlässig (oder gar unbrauchbar) werden.
- ✓ **Die richtigen Fragen stellen:** Ein häufiger Fehler beim maschinellen Lernen ist es, Algorithmen immer wieder anzupassen, ohne jedoch eine andere Fragestellung zu probieren. Damit Sie Ihre Hardware effizient nutzen, müssen Sie gelegentlich Ihre Fragestellung überdenken. Denn wenn die Frage falsch ist, liefert auch die beste Hardware keine richtige Antwort.
- ✓ **Dem eigenen Gespür nicht zu stark vertrauen:** Alle Fragestellungen beim maschinellen Lernen beginnen als Hypothesen. Der Wissenschaftler wählt intuitiv einen Ausgangspunkt für die Suche nach einer Antwort auf seine Frage. Misserfolge sind dabei häufiger als Erfolge. Daher sollten Sie Ihr eigenes Gespür nicht überschätzen und gegebenenfalls Ihre Grundannahmen überprüfen.



Die richtige Systemumgebung ist beim maschinellen Lernen entscheidend. Hochmoderne Systeme verlassen sich dabei auf Grafikprozessoren (GPUs), durch die der maschinelle Lernprozess deutlich beschleunigt wird. Eine detaillierte Betrachtung würde an dieser Stelle den Rahmen sprengen. Weiterführende Informationen finden Sie aber zum Beispiel unter <http://www.nvidia.de/object/tesla-gpu-machine-learning-de.html> oder <http://devblogs.nvidia.com/parallelforall/bidmach-machine-learning-limit-gpus/> (auf Englisch).

## Die Grenzen zwischen Fiktion und Realität

Wie so viele andere Wissenschaften auch werden die KI und das maschinelle Lernen gelegentlich für Spielereien oder Wunschträume genutzt. Tübinger Forscher haben beispielsweise einen Algorithmus entwickelt, der Fotos in Gemälde im Stil von Picasso oder van Gogh verwandelt (<https://www.wired.de/collection/science/forscher-aus-tubingen-machen-einen-algorithmus-zum-kunstler>). Ob Kunstliebhaber wirklich Interesse an derart geschaffenen Gemälden haben, bleibt dabei fraglich. Schließlich geht es in der Kunst nicht um automatische Abbildungen der realen Welt, sondern um die individuelle Interpretation des jeweiligen Künstlers. Zudem kann der Algorithmus bisher nur bereits bekannte Stile nachahmen, aber selbst keinen eigenen Stil entwickeln. Die folgenden Abschnitte stellen verschiedene Wunschträume im Zusammenhang mit KI und maschinellem Lernen vor.

## Visionäre Ideen für KI und maschinelles Lernen

Der Fortschritt in Sachen KI schreitet stetig voran und erschwert gelegentlich die Unterscheidung zwischen den Wunschträumen entschlossener Forscher und tatsächlich realisierbaren KI-Anwendungen. So galt die Serie vom *Sechs-Millionen-Dollar-Mann* ([https://de.wikipedia.org/wiki/Der\\_Sechs-Millionen-Dollar-Mann](https://de.wikipedia.org/wiki/Der_Sechs-Millionen-Dollar-Mann)) einst als reine Fiktion – heute ist die Bionik jedoch ein etabliertes Forschungsfeld. Führende Entwickler auf dem Gebiet der bionischen Prothetik wie der Amerikaner Hugh Herr arbeiten daran, Prothesen immer besser an die Bedürfnisse ihrer Träger anzupassen (<http://sites.arte.tv/futuremag/de/bionische-prothesen-vom-kriegsversehrten-zum-optimierten-menschen-futuremag>). Die KI und maschinelle Lernverfahren eröffnen uns also ungeahnte neue Möglichkeiten. Trotzdem gilt: Nicht alles, was Sie in Filmen und Serien sehen, entspricht auch der Realität.



Damit sich die in der Science-Fiction-Literatur verbreiteten Ideen in Zukunft durch KI und maschinelles Lernen auch nur ansatzweise realisieren lassen, müssen Programmierer, Datenforscher und andere involvierte Experten entsprechende Hilfsmittel und Werkzeuge entwickeln. Kapitel 8 stellt einige dieser neuen und noch unausgereiften Hilfsmittel für Ihre Arbeit mit KI und maschinellen Lernverfahren vor.

## Realistische Anwendungsfälle für KI und maschinelles Lernen

KI und maschinelle Lernverfahren werden schon heute in zahlreichen Geräten und Prozessen genutzt. Die Technik funktioniert dabei so gut, dass Sie sich ihr wahrscheinlich gar nicht bewusst sind. Ob im Haushalt, im Auto oder am Arbeitsplatz – überall finden sich Anwendungsmöglichkeiten für KI und maschinelles Lernen. Einige Beispiele seien hier stellvertretend genannt:

- ✓ **Erkennung und Verhinderung von Betrug:** Wenn Ihr Kreditkartenunternehmen Sie anruft und fragt, ob ein bestimmter Kauf tatsächlich von Ihnen autorisiert wurde, dann ist das keine Neugier, sondern eine reine Vorsichtsmaßnahme. Grund ist meist eine Warnung durch das KI-System des Kreditkartenunternehmens, das ein auffälliges Kaufmuster entdeckt hat.
- ✓ **Ressourcenplanung:** Viele Unternehmen und Einrichtungen müssen ihre Ressourcen effizient einteilen. Ein Krankenhaus muss zum Beispiel die richtige Station und ein geeignetes Zimmer für einen Patienten bestimmen, je nachdem, welche Behandlung nötig ist, welche Fachärzte schnell erreichbar sein müssen und wie lange der Patient voraussichtlich in der Klinik bleiben wird.
- ✓ **Komplexe Analysen:** Wenn bei einer Analyse zu viele Faktoren zu beachten sind, brauchen menschliche Experten Hilfe. So könnten beispielsweise ähnliche Symptome auf mehrere gesundheitliche Probleme hinweisen. Kann der Arzt oder Sanitäter mit entsprechender Unterstützung die Diagnose schneller stellen, rettet dies oft Leben.



- ✓ **Automatisierung:** Jegliche Form der Automatisierung lässt sich mit künstlicher Intelligenz verbessern. Unerwartete Ereignisse wie ein Arbeitsobjekt an der falschen Stelle können schlimmstenfalls den kompletten Prozess zum Stillstand bringen. Mithilfe von KI lassen sich solche plötzlichen Zwischenfälle bewältigen und die Prozesse ungestört fortsetzen.
- ✓ **Kundenservice:** Service-Hotlines von Unternehmen werden immer häufiger durch Computer gesteuert. Fortschrittliche Automatisierungsprozesse können vorgegebenen Skripten folgen und den Großteil Ihrer Fragen beantworten. Ist der Tonfall und die Aussprache des KI-Systems gut genug, merken Sie vielleicht gar nicht mehr, dass Sie es eigentlich mit einem Computer zu tun haben.
- ✓ **Sicherheitssysteme:** Viele Sicherheitssysteme in Fahrzeugen sind heute auf KI angewiesen, um im Notfall die Kontrolle übernehmen zu können. Wenn ein Auto ins Schleudern gerät, erfassen automatische Bremssysteme diverse Daten (Fahrtrichtung, Drehzahl der Räder und so weiter), um das Fahrzeug sicher zum Stehen zu bringen.
- ✓ **Effizienzverbesserung für Maschinen:** Damit Maschinen effizienter arbeiten und keine Ressourcen vergeuden, lassen sie sich mittels KI kontrollieren, um die optimale Arbeitsgeschwindigkeit und -leistung sicherzustellen.

Diese Liste ist nur ein winziger Auszug. KI kommt in unzähligen weiteren Szenarien zum Einsatz. Maschinelle Lernverfahren finden sich aber auch in Bereichen, die man nicht unbedingt mit KI in Verbindung bringen würde:

- ✓ **Zugriffssteuerung:** In vielen Fällen besteht die Zugriffssteuerung aus einer simplen Ja-/Nein-Entscheidung. Die Smartcard eines Mitarbeiters gewährt den Zugang zu einem Raum oder einer anderen Ressource auf ähnliche Weise, wie dies Schlüssel schon seit Jahrhunderten tun. Bei manchen Schlössern lassen sich zwar auch Zeitfenster festlegen, in denen der Zugang gewährt wird, aber generell sind die Möglichkeiten einer solch groben Zugriffssteuerung begrenzt. Mithilfe von maschinellem Lernen kann man Mitarbeitern den Zugang basierend auf ihren Rollen und Anforderungen gewähren oder verweigern. So könnte ein Schulungsraum beispielsweise Mitarbeitern vorbehalten bleiben, deren Funktion im Unternehmen tatsächlich eine Schulung erfordert.
- ✓ **Tierschutz:** Obwohl unsere Ozeane riesig sind und eigentlich allen Schiffen und Tieren genug Platz bieten, kommt es dennoch regelmäßig zu Zusammenstößen. Ein Lernalgorithmus könnte die Geräusche und Merkmale sowohl der Tiere als auch der Schiffe erlernen und dadurch den Schiffen helfen, Tiere und potenzielle Kollisionen zu vermeiden.
- ✓ **Vorhersage von Wartezeiten:** Niemand verbringt gern unnötige Zeit im Wartezimmer. Erst recht nicht, wenn die Dauer unklar ist. Durch maschinelles Lernen kann eine Anwendung anhand von Daten zum verfügbaren Personal, zur Auslastung und zum erforderlichen Aufwand die voraussichtlichen Wartezeiten zuverlässig berechnen.

## Banal und trotzdem nützlich

Obwohl die KI in Filmen oft als aufsehenerregende Erfindung dargestellt wird und in der Realität zumindest ab und zu beeindruckende Ergebnisse erzielt, sind die meisten Anwendungsgebiete eher banal und geradezu langweilig. Unternehmen wie Microsoft, Verizon



oder SAP nutzen die Programmiersprache R (siehe Kapitel 4 und 5) zum Organisieren von Daten, zu statistischen Auswertungen oder zur Analyse von Sicherheitslücken (<https://www.heise.de/developer/meldung/Programmierersprache-R-Microsoft-stellt-Analytics-Produkte-auf-R-Basis-vor-3065535.html>). Teil V dieses Buches stellt einige Praxisbeispiele näher vor. Derartige Analysen sind zwar im Vergleich zu anderen KI-Anwendungen unspektakulär, erzielen aber klare Vorteile und Kosteneinsparungen.

Des Weiteren stehen Entwicklern mit Python (siehe Kapitel 6 und 7) riesige Programmbibliotheken zur Verfügung, die das maschinelle Lernen deutlich vereinfachen. Auf der Website Kaggle (<https://www.kaggle.com/competitions>) können Nutzer von Python und R ihre Fähigkeiten in der Entwicklung von praktischen Anwendungen bei Wettbewerben unter Beweis stellen. Die Ergebnisse dieser Wettbewerbe finden nicht selten Eingang in zukünftige Produkte. Während R im Hinblick auf die akademische Forschung noch auf die Unterstützung von Statistikern angewiesen ist, konzentriert sich die Python-Nutzergemeinschaft auf die Erzeugung neuer Programmbibliotheken, um die Entwicklung von komplexen Anwendungen für Data Science und maschinelles Lernen zu erleichtern (der Onlinedienst GitHub stellt einige solcher Projekte unter <https://github.com/showcases/machine-learning> bereit).

## Die Beziehung zwischen KI und maschinellem Lernen

Maschinelles Lernen ist nur einer von mehreren Bestandteilen einer künstlichen Intelligenz. Er verleiht einem KI-System folgende Fähigkeiten:

- ✓ Anpassung an neue Umstände, die der ursprüngliche Entwickler nicht vorhersehen konnte
- ✓ Erkennung von Mustern in unterschiedlichsten Datenquellen
- ✓ Auswahl von neuen Verhaltensweisen basierend auf den erkannten Mustern
- ✓ Entscheidungsfindung basierend auf dem Erfolg oder Misserfolg dieser Verhaltensweisen

Algorithmen zur Manipulation von Daten stehen im Mittelpunkt aller maschineller Lernverfahren. Maschinelles Lernen ist nur dann erfolgreich, wenn mit einem geeigneten Algorithmus ein gewünschtes Ergebnis erzielt wird. Auch die Daten selbst müssen für die Analyse durch den gewünschten Algorithmus geeignet sein oder von Data Scientists entsprechend vorbereitet werden.

KI umfasst weitere Disziplinen, um Gedankenprozesse erfolgreich simulieren zu können. Dazu zählen normalerweise:

- ✓ **Verarbeitung natürlicher Sprache:** Natürliche Spracheingaben werden in eine für den Computer verständliche Form umgewandelt.
- ✓ **Entschlüsselung natürlicher Sprache:** Die Sprache wird decodiert, um ihren Inhalt zu verstehen und entsprechend zu reagieren.

- ✓ **Wissensrepräsentation:** Informationen werden so abgespeichert, dass sie schnell abgerufen werden können.
- ✓ **Planung (in Form von Zielsuchfunktionen):** Anhand gespeicherter Informationen werden beinahe in Echtzeit (fast im selben Moment des Geschehens, mit einer winzigen Verzögerung, die vom Computer, aber nicht immer vom Menschen erfasst werden kann) Schlussfolgerungen gezogen.
- ✓ **Robotik:** Auf Benutzerkommandos kann physisch reagiert werden.

Da zur Entwicklung eines KI-Systems noch viele andere Disziplinen nötig sind, kann dieses Buch Ihnen nur einen ersten Überblick vermitteln. Als eigenständiger Bereich ist selbst das maschinelle Lernen eine komplexe Angelegenheit, denn Computer sehen die Welt ganz anders als wir. Überlegen Sie nur mal, wie viele Entscheidungen Sie treffen, ohne bewusst darüber nachzudenken. Wenn Sie einen alltäglichen Gegenstand sehen, wissen Sie sofort, ob und wofür Sie ihn benutzen können. Für einen Computer stellt sich das nicht so einfach dar.

## Die technischen Spezifikationen von KI und maschinellem Lernen

Wenn Forscher sich intensiver mit einem Konzept oder Ansatz beschäftigen und Hypothesen in Theorien überführen, tritt die *Wissenschaft* (bei der Theorien aufgestellt werden) langsam in den Hintergrund und das *Ingenieurwesen* (bei dem Theorien implementiert werden) in den Vordergrund. Sobald die für eine bestimmte Technik geltenden Regeln und Gesetzmäßigkeiten klarer sind, erarbeiten Experten gemeinsam ein schriftliches Regelwerk, die sogenannten *Spezifikationen* (also die technischen Daten und Merkmale).

Diese Spezifikationen werden schlussendlich in *Standards* umgesetzt und durch ein Gremium wie das IEEE (weltweiter Berufsverband von Ingenieuren) oder eine Kombination aus ISO/IEC (Internationale Organisation für Normung/Internationale Elektrotechnische Kommission) verwaltet. An KI und maschinellen Lernverfahren wird schon so lange geforscht, dass es bereits Spezifikationen gibt; bisher wurden jedoch noch keine Standards definiert.

Grundlage für das maschinelle Lernen ist die Mathematik. Algorithmen bestimmen, wie große Datenmengen zu interpretieren sind. Teil III dieses Buches geht näher auf diese mathematischen Grundlagen ein. Sie werden lernen, dass Algorithmen die Eingabedaten auf spezifische Weise verarbeiten und vorhersagbare Ausgaben basierend auf den Datenmustern erzeugen. Die Daten an sich sind aber nicht vorhersagbar. Aufgabe der KI und des maschinellen Lernens ist es, die Daten zu entschlüsseln sowie Muster zu erkennen und zu verstehen.

Die in Teil IV erläuterten Spezifikationen sind in Form von Algorithmen zur Bewältigung konkreter Aufgaben dargestellt. In Teil V werden Sie dann verstehen, warum einheitliche Regeln für die Verwendung von Algorithmen nötig sind. Ziel ist es, jeweils denjenigen Algorithmus auszuwählen, der für die vorliegenden Daten am besten geeignet ist und Ihre gewünschten Ziele erreicht. Zur Implementierung der Algorithmen werden je nach Aufgabe unterschiedliche Sprachen genutzt. Beim maschinellen Lernen sind dies vor allem Python und R, aber auch Matlab, Java, Julia und C++.

## Technische und kreative Vorgehensweisen

KI und maschinelles Lernen gelten beide als Wissenschaften und nicht als Disziplinen des Ingenieurwesens. Warum? Weil beide eine gewisse kreative Herangehensweise erfordern. Beim maschinellen Lernen nimmt diese kreative Komponente verschiedene Formen an. Beispielsweise müssen Sie erwägen, wie die Daten genutzt werden sollen. Einige Datensätze eignen sich besser als Beispiele, mit denen der Algorithmus trainieren kann. Andere Daten wiederum dienen als Ausgabe zur Analyse zugrunde liegender Muster. Für die genaue Aufteilung der Daten in diese zwei Gruppen gibt es keine Vorschriften. Hier ist das kreative Bauchgefühl des Wissenschaftlers gefragt.



Auch das Vorbereiten und Bereinigen der Daten erfordert manchmal kreatives Gespür. Während die Beseitigung von Datenduplikaten eine eher reguläre Angelegenheit ist, können Filter individuell und nach Bedarf auf die Daten angewandt werden. So kann es passieren, dass zwei Data Scientists dieselben Quelldaten unterschiedlich bereinigen und daher auch mit denselben Algorithmen unterschiedliche Ergebnisse erzielen.

Die Algorithmen lassen sich ebenfalls justieren, um Ausgaben zu erhalten, mit denen Sie Ihre gewünschten Muster erkennen und besser verstehen. Beim Verarbeiten von visuellen Informationen muss ein Roboter möglicherweise unterscheiden, ob er mit den erkannten Objekten interagieren kann oder nicht. Dies ist dann besonders wichtig, wenn der Roboter bestimmte Objekte vermeiden soll, um auf der Spur zu bleiben oder spezifische Ziele zu erreichen.

In einer maschinellen Lernumgebung müssen Sie auch die Qualität der Eingabedaten bedenken. Die Mikrofone von zwei unterschiedlichen Smartphones erzeugen mit hoher Wahrscheinlichkeit keine identischen Eingabedaten. Doch auch wenn sich die Mikrofone unterscheiden, muss die Interpretation der Sprachbefehle des Benutzers zum selben Ergebnis führen. Ebenso können Umgebungsgeräusche oder elektromagnetische Störsignale die Qualität der Spracheingaben beeinträchtigen. Bei der Entwicklung einer maschinellen Lernumgebung sind viele solcher komplexen Faktoren zu beachten.

Beim maschinellen Lernen kommt es also darauf an, technische und kreative Vorgehensweisen gekonnt zu vereinen. Durch langjährige Erfahrung in der Arbeit mit unterschiedlichsten Datensätzen entwickeln die Wissenschaftler ein immer besseres Gespür, wie sie ihre Algorithmen verbessern können. Ein optimal abgestimmter Algorithmus kann darüber entscheiden, ob ein Roboter einen Hindernisparcours erfolgreich bewältigt oder sich eine Schramme nach der anderen holt.

