STUDIENSKRIPT



## Künstliche Intelligenz

DLMAIAI01



Lernziele

##### Einführung 9

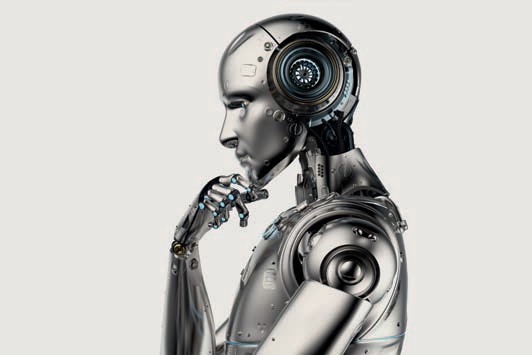


Willkommen beim Kurs Künstliche Intelligenz. Dieser Kurs bietet eine Einführung in das Thema künstliche Intelligenz.

Zunächst werden wir auf wichtige Ereignisse in der Geschichte dieses Feldes zurückblicken, um die Ursprünge sowie die wichtigen und prägenden Trends und Paradigmen zu verstehen. Als Disziplin stützt sich die künstliche Intelligenz auf eine Vielzahl von Ideen, die aus verwandten Forschungsgebieten wie der Neuro- und Kognitionswissenschaft stammen. Daher geben wir zunächst einen Überblick über diese Gebiete und erläutern, inwiefern sie mit der Erforschung und Methodik der künstlichen Intelligenz zusammenhängen. Darüber hinaus präsentieren wir die aktuellen Strömungen und Themen im Bereich der künstlichen Intelligenz und ihrer Anwendungen.

Ein wichtiger Teil Ihrer persönlichen Zukunft ist Ihre berufliche Laufbahn, die sehr wahrscheinlich von der künstlichen Intelligenz beeinflusst wird. Sie erfordert neue Fähigkeiten, für welche die Nachfrage derzeit das Angebot übersteigt. Herzlichen Glückwunsch zum ersten Schritt!

[www.iubh.de](http://www.iubh.de/)



# Lektion 1

## Geschichte der künstlichen Intelligenz

#### STUDIENZIELE

Nach Abschluss dieser Lektion werden Sie gelernt haben,

... wie sich die künstliche Intelligenz als wissenschaftliche Disziplin entwickelt hat.

... welche Paradigmen die öffentliche Wahrnehmung des Forschungsgebiets zu den verschiedenen Zeiten dominiert haben.

... welche bemerkenswerten Fortschritte heute noch von Bedeutung sind.

... was die Geschichte der künstlichen Intelligenz für Sie in Bezug auf das Erlernen neuer Fähigkeiten und Ihren Beitrag zur Gesellschaft bedeutet.

DL-E-DLMAIAI01-U01

1. Geschichte der künstlichen Intelligenz

### Einführung

In dieser Lektion geben wir zunächst einen Überblick über das Gebiet der künstlichen Intelligenz und erläutern dann einige Details, die diese neue Technologie ausmachen. Wir begeben uns zurück ins Jahr 350 v. Chr. und betrachten, wie sich die Vorstellungen über die künstliche Erschaffung intelligenter Prozesse im Laufe der Zeit entwickelt haben.

Bis heute ist die künstliche Intelligenz ein aktiver Forschungsbereich in der Kognitionspsychologie. Folglich gibt es derzeit nicht die eine unumstrittene oder unbestrittene Definition des Begriffs. Eine funktionale, für diesen Kurs geeignete Definition kann wie folgt formuliert werden: Intelligenz ist die Fähigkeit, komplexe Ziele zu erreichen. In diesem Sinne kann künstliche Intelligenz (KI) als die Gesamtheit der Fähigkeiten verstanden werden, die zur Erreichung komplexer Ziele durch Maschinen eingesetzt werden. Diese weit gefasste Definition impliziert Wahrnehmung, Lernen, Problemlösung und Entscheidungsfindung. In der Praxis bedeutet dies, dass Computer, die mit Hilfe von Sensoren wahrnehmen, logisch denken und dann rational handeln können, künstliche Intelligenz aufweisen.

### Historische Entwicklung

###### Anfänge der künstlichen Intelligenz

Der konventionelle Ausgangspunkt für die Geschichte der künstlichen Intelligenz liegt in den 1950er Jahren, als der Begriff künstliche Intelligenz zum ersten Mal in der entstehenden Disziplin der Informatik auftauchte. Es ist jedoch aufschlussreich, die Geschichte der künstlichen Intelligenz breiter zu sehen. Deshalb werfen wir einen kurzen Blick auf einige der wichtigsten Vordenker auf diesem Gebiet und gehen zurück bis ins Jahr 350 v. Chr. und zu den philosophischen Erkenntnissen des Aristoteles.

Aristoteles (384–322 v. Chr.), Griechenland

Philosophische Erkenntnis: Aristoteles formalisierte logische Schlussfolgerungen, indem er alle möglichen kategorischen logischen Schlüsse (Syllogismen) vollständig aufzählte.

Beziehung zur künstlichen Intelligenz: Algorithmen können so programmiert werden, dass sie auf der Grundlage eines vorgegebenen Regelwerks zu gültigen logischen Schlussfolgerungen kommen.

Aristoteles lehrte Logik an einer Schule namens Lyceum. Syllogismen sind Regeln, mit denen aus zwei oder mehr Voraussetzungen (Prämissen) eine praktikable Schlussfolgerung (Konklusion) gezogen werden kann. Ein zeitgemäßes Äquivalent zur Aufzählung gültiger Formen der logischen Ableitung bildet die Grundlage logischer Programmiersprachen.

Leonardo da Vinci (1452–1519), Italien

Philosophische Erkenntnis: Da Vinci entwarf eine hypothetische Rechenmaschine auf dem Papier.

Beziehung zur künstlichen Intelligenz: Fortschritte bei den Rechenmaschinen sind eine notwendige Voraussetzung für künstliche Intelligenz.

Da Vinci entwarf eine Rechenmaschine mit 13 Registern und demonstrierte damit, dass ein geschlossenes System (eine Blackbox) Eingaben entgegennehmen und Ausgaben auf der Grundlage eines im Speicher oder in der Mechanik gespeicherten Programms erzeugen kann.

Thomas Hobbes (1588–1679), England

Philosophische Erkenntnis: Hobbes leitete die Vorstellung von der Notwendigkeit eines Gesellschaftsvertrags aus einem mechanistischen Verständnis des Individuums ab.

Beziehung zur künstlichen Intelligenz: Hobbes erkannte Ähnlichkeiten zwischen Denken und Rechnen, weil der Mensch bei der rationalen Entscheidungsfindung ähnliche Operationen wie beim Rechnen nutzt, so dass sie analog zur Mathematik formalisiert werden konnten.

René Descartes (1596–1650), Frankreich

Philosophische Erkenntnis: Rationalität und Vernunft lassen sich durch Mechanik und Mathematik erklären. Ähnliche Ansichten zum rationalen Denken vertrat Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) auf der Grundlage früherer Arbeiten von Ramon Llull (1232–1315).

Beziehung zur künstlichen Intelligenz: Ziele können in Form von Gleichungen formuliert werden. Die Ziele in der linearen Programmierung oder bei Akteuren künstlicher Intelligenz werden mathematisch definiert. Descartes bezeichnete Rationalismus und Materialismus als zwei Seiten derselben Medaille. Künstliche Intelligenz zielt auf rationale, mathematisch begründete Entscheidungen ab.

David Hume (1711–1776), Schottland

Philosophische Erkenntnis: Hume leistete grundlegende Arbeiten zu Fragen der logischen Induktion und des Kausalitätsbegriffs.

Beziehung zur künstlichen Intelligenz: Hume verknüpfte die Prinzipien des Lernens mit dem wiederholten Kontakt (Exposition), was sich unter anderem in der **Lernkurve** manifestiert. Das Prinzip der Ableitung von Mustern oder Beziehungen von Daten durch wiederholte Exposition ist der Schlüssel zu vielen Algorithmen des maschinellen Lernens.

###### Jüngere Geschichte der künstlichen Intelligenz

Der Beginn der jüngeren Geschichte der künstlichen Intelligenz wird meist auf das Jahr 1956 datiert, dem Jahr der bahnbrechenden Dartmouth-Konferenz. Auf dieser Konferenz wurde erstmals der Begriff der künstlichen Intelligenz geprägt und eine vorläufige Definition vorgeschlagen. Wir befassen uns mit dieser jüngeren Geschichte und betrachten die wichtigsten Persönlichkeiten und Organisationen, die das Thema vorangebracht haben, sowie die wichtigsten Konzepte, die immer wieder Grenzen verschoben haben.

Wichtige Persönlichkeiten

Die jüngste Geschichte der künstlichen Intelligenz beginnt oft mit der Beschreibung der Beiträge von Persönlichkeiten wie Alan Turing (1912–1954), John McCarthy (1927–2011), Marvin Minsky (1927–2016) und Noam Chomsky (geb. 1928).

Syllogismus

Hierbei handelt es sich um eine Form der logischen Argumentation, bei der durch deduktives Denken eine Schlussfolgerung auf der Grundlage von zwei oder mehr als wahr angenommenen Aussagen gezogen wird.

Lernkurve  
Dies ist eine grafische Darstellung, die zeigt, wie der Lernzuwachs (gemessen auf der vertikalen Achse) sich aus der wachsenden Erfahrung (der horizontalen Achse) ergibt.

Alan Turing war ein englischer Mathematiker und Informatiker, der vom Gedanken der Mechanisierung und Formalisierung rationaler Denkprozesse fasziniert war. Turing entwickelte 1950 den gleichnamigen Turing-Test. Bei diesem Test gilt eine Maschine als intelligent, wenn sie in der Lage ist, ein Gespräch mit einem menschlichen Beobachter zu führen, das dieser nicht von einem Gespräch mit einem anderen Menschen unterscheiden kann.

Automaten  
bezeichnet eine selbsttätig arbeitende Maschine oder einen Maschinensteuerungsmechanismus, der so konstruiert ist, dass er automatisch eine vorgegebene Folge von Vorgängen oder Anweisungen befolgt.

John McCarthy war ein amerikanischer Wissenschaftler, der sich mit Automaten beschäftigte und als erster den Begriff der künstlichen Intelligenz prägte. Gemeinsam mit IBM und dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) machte er die künstliche Intelligenz zu einem eigenständigen Studienbereich. McCarthy wird auch die Erfindung der Programmiersprache Lisp im Jahr 1958 zugeschrieben, die 30 Jahre lang in Anwendungen der künstlichen Intelligenz in den Bereichen Betrugserkennung, Website-Design und Robotik eingesetzt wurde. In den 1960er Jahren erfand er außerdem das Konzept des Mehrbenutzersystems (Computer time-sharing) und gründete das Stanford Artiﬁcial Intelligence Laboratory, das eine zentrale Rolle bei der Erforschung menschlicher Fähigkeiten für Maschinen spielte, wie z. B. Sehen, Hören und Denken.

Marvin Minsky war ein früher Forscher auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz und Kognitionswissenschaftler, der zusammen mit McCarthy an der ersten Konferenz über Künstliche Intelligenz am Dartmouth College teilnahm. Im Jahr 1959 gründeten sie gemeinsam das MIT Artiﬁcial Intelligence Laboratory. Ihre Zusammenarbeit endete jedoch, als McCarthy an die Stanford University wechselte, während Minsky am MIT blieb.

Auch Noam Chomsky ist eine kurze Erwähnung wert, obwohl er eher Linguist und Philosoph als KI-Wissenschaftler war. Seinen Beitrag zur künstlichen Intelligenz leistet er durch seine Kritik an den sozialen Medien und als Autor von Beiträgen zur Linguistik und Kognition.

Wichtige Institutionen

Zu den wichtigsten Einrichtungen, die an der Entwicklung der künstlichen Intelligenz beteiligt waren, gehören Universitäten wie das Dartmouth College, das Gastgeber bedeutender Konferenzen zur künstlichen Intelligenz war, und das MIT, an dem viele einflussreiche Forscher der künstlichen Intelligenz unterrichtet haben. Unternehmen wie IBM und Intel sowie staatliche Forschungseinrichtungen wie die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) in den Vereinigten Staaten, die Projekte zur dualen technologischen Grundlagenforschung finanziert, haben ebenfalls eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung der künstlichen Intelligenz gespielt.

Schlüsselideen für die Entwicklung der künstlichen Intelligenz

Die Forschung in den Bereichen Entscheidungstheorie, Spieltheorie, Neurowissenschaften und natürliche Sprachverarbeitung hat ebenfalls zur Entwicklung der künstlichen Intelligenz beigetragen.

* In der Entscheidungstheorie werden Wahrscheinlichkeit (Mathematik) und Nutzen (Wirtschaft) kombiniert, um KI-Entscheidungen im Hinblick auf wirtschaftlichen Nutzen und Unsicherheit zu treffen.
* Die Spieltheorie wurde durch John von Neuman (1903–1957), einen amerikanisch-ungarischen Informatiker, und Oskar Morgenstern (1902–1977), einen amerikanisch-deutschen Mathematiker und Spieltheoretiker, bekannt. Ihre Arbeit führte zu rational agierenden Maschinen, die Strategien zur Lösung von Spielen erlernten.
  + Die Neurowissenschaft beschäftigt sich mit dem Gehirn, das einige Modelle der künstlichen Intelligenz nachzubauen versuchen. Untersucht werden insbesondere die Problemlösungs- und Informationsspeicherfähigkeiten des Gehirns.
  + Die Verarbeitung natürlicher Sprache (Natural Language Processing, NLP) ist eine Disziplin an der Nahtstelle von Linguistik und Informatik. Sie zielt darauf ab, Sprache sowohl in geschriebener als auch in gesprochener Form zu analysieren und zu verarbeiten.

Höhere Programmiersprachen sind der menschlichen Sprache näher und ermöglichen dem Programmierer die Unabhängigkeit von den Befehlssätzen der Computerhardware. Weitere Sprachen, die für die künstliche Intelligenz eine wichtige Rolle spielen, sind nachstehend aufgeführt:

* + Lisp ist eine der älteren Computerprogrammiersprachen und wurde von John McCarthy entwickelt. Ihr Name leitet sich vom englischen Begriff „list processing“ (Listenverarbeitung) ab. Lisp kann Zeichenketten auf einzigartige Weise verarbeiten. Obwohl Lisp aus den 1960er Jahren stammt, ist sie auch heute noch aktuell und wurde anfangs bei der Programmierung von künstlicher Intelligenz verwendet.
  + Prolog ist ebenfalls eine der ersten KI-Programmiersprachen. Sie wurde zum Lösen logischer Formeln und zum Beweisen von Theoremen entwickelt.
  + Python ist eine hochentwickelte, universelle Programmiersprache, die es seit 1991 gibt und die heute in der künstlichen Intelligenz eine große Rolle spielt. Da Python quelloffen (Open Source) ist, können die Programmierer eine umfangreiche Bibliothek nutzen und damit schnell neue Aufgaben lösen.

Die jüngsten Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz sind im Wesentlichen auf drei Faktoren zurückzuführen. Der erste ist der Fortschritt hinsichtlich der Verfügbarkeit riesiger Datenmengen in zahlreichen Formaten. Dieser Datenpool, genannt Big Data, nimmt ständig zu. Der zweite ist der Fortschritt in der Datenverarbeitungskapazität von Computern, während als dritter Faktor die enormen neuen Erkenntnisse aus Mathematik, Philosophie, Kognitionswissenschaft und maschinellem Lernen zu nennen sind.

###### Wichtige Trends im Bereich der künstlichen Intelligenz

Investitionen in künstliche Intelligenz werden für Unternehmen, Universitäten und staatlichen Behörden immer wichtiger. Es gibt kaum einen Bereich der Gesellschaft, der Wirtschaft und unseres Privatlebens, der nicht bereits von der Technologie der künstlichen Intelligenz beeinflusst wird. Vor allem führende Technologieunternehmen wie Apple, Amazon, Microsoft, Google und wichtige chinesische Unternehmen wie Baidu und Tencent engagieren sich stark in der Forschung und Entwicklung im Bereich künstliche Intelligenz. Die aktuellen Entwicklungen lassen sich in drei große Bereiche gliedern:

Intelligente Assistenten

Dazu gehören tragbare Gesundheitsmonitore, die den Puls, die Temperatur oder den Blutzucker messen, und Sensoren, die in Autos eingesetzt werden und alle Arten von mechanischen und menschlichen Zuständen erkennen können. Diese werden dann mit Hilfe von KI-Algorithmen interpretiert, um somit Assistenzdienste anzubieten.

Big Data  
(Große Datenmengen)

Dies bezieht sich auf sehr große Datensätze. Sie übersteigen die Möglichkeiten herkömmlicher Informationsverarbeitungswerkzeuge, die im All­gemeinen durch die Dimensionen Menge, Geschwindigkeit, Vielfalt und Wahrhaftigkeit gekennzeichnet sind. Andere Definitionen beziehen auch Wert und Gültigkeit mit ein.

Erweiterte Intelligenz

Dieser Forschungsbereich beschäftigt sich mit der Zusammenarbeit von künstlicher Intelligenz und einem menschlichen Experten. Dabei geht es um aufgabenbezogene Unterstützung in ausgewählten Bereichen, in denen die maschinelle Leistung der menschlichen überlegen ist. Der Gesamtprozess wird jedoch von einem menschlichen Experten gesteuert. Ein Beispiel ist die Unterstützung von Ärzten bei der Verschreibung von Medikamenten. Hier werden die Grenzen des menschlichen medizinischen Wissens überwunden, weil die Systeme alle möglichen medizinischen Nebenwirkungen in wenigen Minuten berücksichtigen können. Ein weiteres Beispiel ist ein Warnsignal für einen Fahrer, dessen Auto auf der falschen Spur fährt.

Autonome Intelligenz

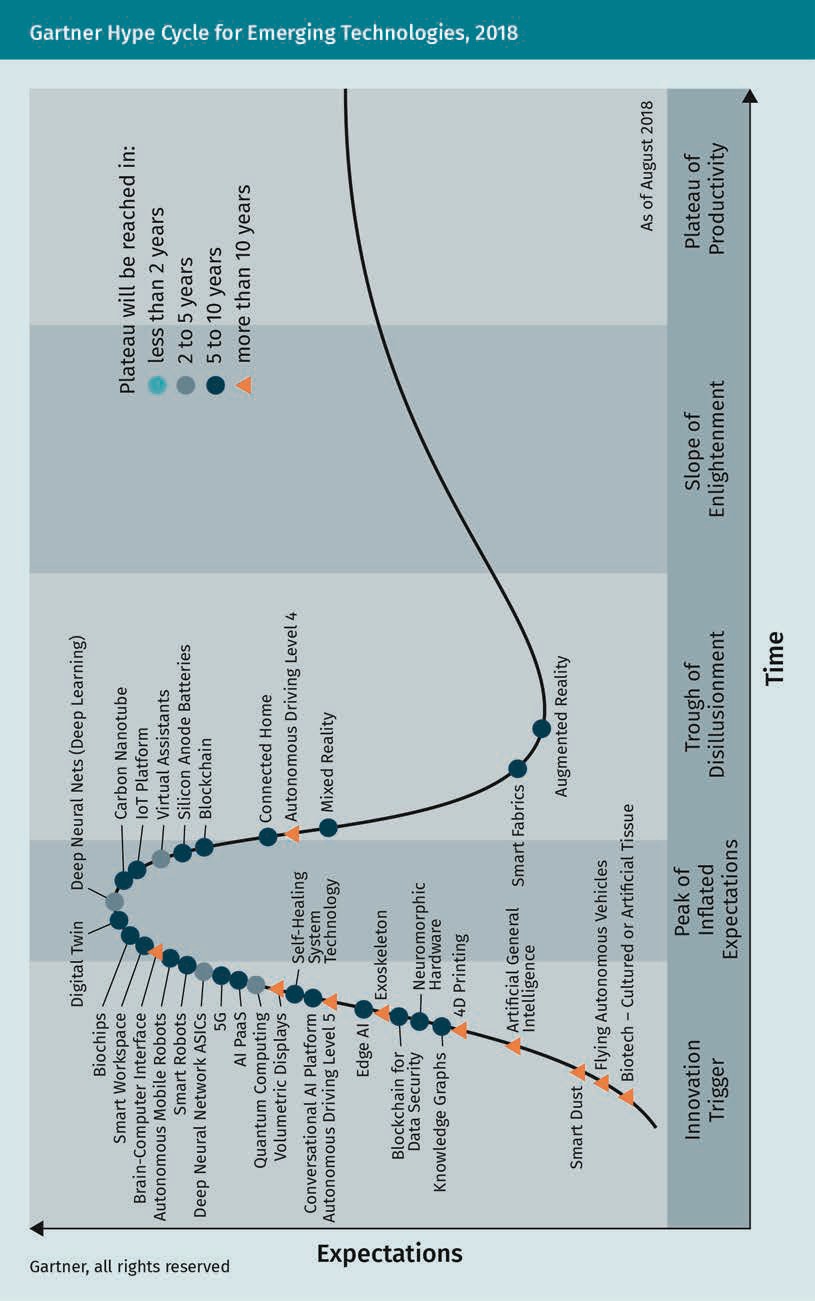
Hierbei geht es um physische Robotereinheiten wie selbstfahrende Fahrzeuge, bewegliche Lagerroboter und die autonome Steuerung von nicht-physischen Arbeitsabläufen und Geschäftsprozessen. Es geht darum, dass diese Einheiten die Steuerung selbst übernehmen und Entscheidungen ohne menschliches Zutun treffen. Die Vorstellung, dass künstliche Intelligenz ohne menschliche Kontrolle in der realen Welt tätig ist, ist nicht ungefährlich und wirft wichtige ethische Fragen auf. Ein offensichtliches Beispiel hierfür ist die Reaktion autonomer Fahrzeuge, wenn sie vor Entscheidungen über Leben und Tod stehen. Aber auch scheinbar harmlosere Anwendungsbereiche wie die autonome Anerkennung bzw. Ablehnung von Versicherungsansprüchen sind im Hinblick auf die potenziellen Auswirkungen auf die wirtschaftliche Zukunft der Betroffenen nicht ungefährlich.

###### Die Zukunft der künstlichen Intelligenz

Die Einschätzung der Zukunftsaussichten und Auswirkungen einer Technologie oder eines Forschungsgebiets ist immer sehr spekulativ. Sie wird von kognitiven Vorurteilen und früheren Erfahrungen beeinflusst, die für die Beurteilung des aktuellen Stands eines Forschungsgebiets und seiner Zukunftsaussichten möglicherweise nicht mehr zutreffend sind. Daher wollen wir keinen Versuch unternehmen, die langfristige Zukunft der künstlichen Intelligenz vorherzusagen. Es ist jedoch ratsam, ein gemeinsames Muster zu untersuchen, das sich sonst bei der Einführung und Entwicklung von Innovationen beobachten lässt, und dann zu prüfen, wie diese sich auf aktuelle Themen der künstlichen Intelligenz und der zugehörigen Technologien auswirken.

Das amerikanische Marktforschungsunternehmen Gartner hat 2018 die Geschichte vieler Innovationen in Form eines Hype-Zyklus zusammengefasst. Hype-Zyklen werden in Phasen beschrieben, wie in der folgenden Grafik dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die durch die folgenden Phasen gekennzeichnet ist:

* + - Eine Entdeckungsphase oder ein Bedarf auf dem Markt, der die Innovation auslöst,
    - ein Gipfel der überzogenen Erwartungen, der kürzer ist als die anderen Phasen,
    - eine Phase der Ernüchterung, oder auch Tal der Enttäuschungen,
    - ein Pfad der Erleuchtung, bei dem der wirkliche Wert einer Innovation erkannt wird,
    - eine Phase der Stabilisierung, in der sich die Produktivität durchsetzt und zur Norm wird (Plateau der Produktivität).



Die Kurve des Technologie-Hypes hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der glockenförmigen Kurve einer Normalverteilung, mit der Ausnahme, dass der rechte Teil in eine leichte Steigung mündet, die am Ende abflacht (Stagnation). Mehrere Aspekte der künstlichen Intelligenz sind entlang dieser Kurve sichtbar. Bei näherer Betrachtung lassen sich beispielsweise folgende Tendenzen feststellen:

* + - In der Phase der Innovationsauslöser erscheinen Wissensgraphen, neuromorphe Hardware, KI-PaaS, allgemeine künstliche Intelligenz (die Fähigkeit einer Maschine, menschenähnliche intellektuelle Aufgaben auszuführen), Edge AI und intelligente Roboter.
    - Auf dem Höhepunkt der überzogenen Erwartungen oder des Hypes sehen wir tiefe neuronale Netze, die in den letzten fünf bis sieben Jahren bei vielen Anwendungen des maschinellen Lernens zu neuen Höchstleistungen geführt haben.
    - In der Phase der Ernüchterung, in der es bergab geht, stellen wir fest, dass autonomes Fahren der Stufe 4 möglicherweise nicht finanziert wird, weil es die Erwartungen nicht erfüllt.
    - Im Feld der künstlichen Intelligenz hat noch nichts das Plateau der Produktivität erreicht, was für die allgemeine Akzeptanz und produktive Nutzung der Technologie heute steht.

###### Kontrolle der künstlichen Intelligenz und regulatorische Überlegungen

Gehen wir davon aus, dass künstliche Intelligenz tatsächlich eine umfassende technologische Revolution ist, die sich nicht durch eine einzelne Leistung wie selbstfahrende Autos definieren lässt. Vielmehr handelt es sich um ein Gemisch aus vielen Teilen, die denselben Prozess durchlaufen – ausgehend von unterschiedlichen Ausgangspunkten und in unterschiedlichem Tempo. Es ist zu erwarten, dass es mit dem Voranschreiten der künstlichen Intelligenz Gewinner und Verlierer geben wird. Ein geordnetes Wachstum erfordert ethische Richtlinien für das menschliche Verhalten im Handel und bei der Landesverteidigung. Das Fehlen von Regeln für die Arbeit in britischen Fabriken während der Industriellen Revolution führte beispielsweise zu Unruhen, Leid und schließlich zur utopischen Ideologie des Kommunismus. Aus der Geschichte haben wir vieles gelernt, das wir nicht blindlings wiederholen wollen. Vielmehr ist es nun an der Zeit, ethische Leitlinien für die Nutzung von KI-Anwendungen zu erwägen.

Ein praktisches Anliegen der Gesellschaft ist es, die Folgen des potenziellen Missbrauchs von künstlicher Intelligenz zu verstehen. Dies kann entweder durch staatliche Regulierung oder durch selbst auferlegte Regeln angegangen werden. Die Datenschutz-Grundverordnung der Europäischen Union (DSGVO 2016/679) ist eine der ersten von der Politik initiierten Maßnahmen zum Datenschutz, die sich zunächst auf den Schutz der Privatsphäre der Verbraucher konzentrierte. Die Selbstregulierung mit einem Schwerpunkt auf der Ethik wird derzeit am MIT und an der Stanford University in den Vereinigten Staaten erforscht. Die Stanford University hat vor kurzem das *Institute for Human-Centered Artiﬁcial Intelligence (HAI)* (ausgesprochen wie der Raubfisch „Hai“) gegründet. In diesem interdisziplinären Zentrum arbeiten Informatiker, Neurowissenschaftler und Rechtswissenschaftler zum Thema soziale Verantwortung zusammen. Das College of Computing des MIT verfolgt ähnliche Ziele, indem es die positiven Aspekte der künstlichen Intelligenz fördert und gleichzeitig negative Folgen verhindert.

Ethische Fragen sind in einer stark von künstlicher Intelligenz beeinflussten Wirtschaft für alle kommerziellen und militärischen KI-Anwendungen sowie für das Arbeitsleben überaus wichtig. Zu den relevanten Überlegungen gehören unter anderem die folgenden:

Ethik

Ethik in der Geschäftswelt kann definiert werden als das Verständnis für richtiges und falsches Verhalten und das entsprechende Handeln*.* Die Entscheidung zwischen richtig und falsch ist nicht immer einfach, weil es nicht Schwarz und Weiß, sondern auch Grautöne gibt. Die beiden stehen in ständigem Konflikt, und dies betrifft auch das persönliche und das kollektive Gewissen der Unternehmen. Beispiele für den unethischen Einsatz von künstlicher Intelligenz sind: Unterstützung von diskriminierendem Verhalten gegenüber bestimmten Personengruppen, Ausnutzen von Benachteiligten, Wettbewerb um jeden Preis oder auch die Aufgabe guter KI-Anwendungen aufgrund von mangelndem Profit.

Rechte

Die Rechte beziehen sich auf den menschlichen Körper, das Recht auf Arbeit, das Recht auf Eigentum sowie auf Glücklichsein und Gemeinschaft. Entscheidende Dokumente für unser Verständnis von Rechten sind unter anderem die Verfassungen oder Grundgesetze von Staaten, die Allgemeine Erklärung der Menschenrechte der Vereinten Nationen und die Genfer Konvention. Projekte zur künstlichen Intelligenz müssen diese Rechte beachten. Falls dies nicht der Fall ist, müssen die Projekte so geändert werden, dass sie sich an diese Vorgaben halten.

Regierungen

Regierungsbehörden spielen natürlich eine wichtige Rolle bei der Regulierung des technologischen Fortschritts, weil sie übergreifende regulatorische und gesetzgeberische Aufgaben haben. Regierungen haben definitionsgemäß die Aufgabe, sich auf Politik zu konzentrieren. Künstliche Intelligenz ist eine Wissenschaft und damit ein Gemeingut. Das bedeutet, dass es ohne staatliche Kontrolle nicht geht und dass es früher oder später reguliert wird, wie es in der Europäischen Union bereits geschehen ist. Die Zeitspanne zwischen industrieller Innovation und ihrer wirksamen Regulierung ist jedoch in der Regel lang, und genau darin liegt die Gefahr.

Unbeabsichtigte Folgen

Unbeabsichtigte Folgen von Technologien der künstlichen Intelligenz stellen ein erhebliches Risiko für die Gesellschaft dar, das oft auf einen Mangel an Aufsicht und Voraussicht zurückzuführen ist. Das Fehlen einer Aufsicht bedeutet, dass es an menschlicher Kontrolle fehlt, sobald ein Algorithmus eingesetzt wurde.

Wirtschaft

Auch wirtschaftliche Überlegungen sind wichtig. Zu den relevanten Fragen in diesem Bereich gehören die Auswirkungen der künstlichen Intelligenz auf den Arbeitsmarkt und die ungleiche Verteilung des Wohlstands.

###### Künstliche Intelligenz als eine Revolution

Wenn wir an Revolutionen denken, kommen uns gewaltsame politische Umstürze zugunsten eines neuen Systems in den Sinn. Beispiele dafür sind die Französische Revolution (1789), bei der die Monarchie zugunsten von Freiheit, Gleichheit und Brüderlichkeit gestürzt wurde, die Russische Revolution (1917), bei der das Zarensystem durch den Kommunismus ersetzt wurde, und die Amerikanische Revolution (1775–1783), die den Kolonialismus zugunsten einer Republik beendete.

In ähnlicher Weise hat die Menschheit in der Vergangenheit technologische und folglich auch wirtschaftliche Revolutionen durchlebt. Beispiele hierfür sind die Einführung der Webmaschine und der Spinnmaschine (um 1770), die den globalen Baumwollmarkt ermöglichten, die Dampfkraft, der Telegraf und das Telefon, der Verbrennungsmotor, die Nähmaschine und die Fertigungsstraßen. Die Revolution der künstlichen Intelligenz verspricht, schneller und tiefer zu sein.

Technologische Revolutionen haben mit anderen Revolutionen den Aspekt des Umsturzes gemeinsam, aber sie werden nicht unbedingt durch die Unzufriedenheit der Massen verursacht. Technologische Revolutionen sind das Ergebnis von kreativen Menschen: Sie tüfteln und machen Entdeckungen, die den Interessen und Bedürfnissen der Menschen dienen. Gutenbergs Erfindung des modernen Buchdrucks mit beweglichen Metalllettern (1440), die zur besseren Verbreitung von Informationen, Literatur, Wissenschaft und akademischer Bildung sowie zum Wachstum des Verlagswesens führte, ist ein Paradebeispiel für eine Innovation, die auch eine technologische Revolution darstellt.

Weitere technologische Revolutionen waren die Entdeckung eines praktikablen Verfahrens zur Ammoniaksynthese durch Fritz Haber im Jahr 1910 und die Spaltung des Atoms durch Ernest Rutherford im Jahr 1917. Habers Entdeckung ermöglichte höhere landwirtschaftliche Erträge aufgrund von Ammoniak-basiertem chemischem Dünger, was wiederum zum Wachstum der Bevölkerung und der Wirtschaft führte. Im Gegensatz dazu führte Rutherford einen neuen Zweig der Physik ein, der zur Entwicklung der Atombombe beitrug und den Zweiten Weltkrieg im Pazifikraum beendete.

Wir stehen am Anfang dessen, was allgemein als technologische Revolution der künstlichen Intelligenz bezeichnet wird. Wir wissen noch nicht, wer die Innovatoren sein werden. Wir können jedoch sicher sein, dass die verschiedenen Wissenschaftszweige zusammenarbeiten und eine „schöne neue Welt“ schaffen werden, an die wir uns anpassen müssen.

Die industrielle Revolution und die gegenwärtige Revolution der künstlichen Intelligenz haben gemeinsam, dass beide Epochen Erfindungen hervorbrachten, die das Leben der Menschen verbesserten. Bei der industriellen Revolution wurde Dampfkraft und elektrische Energie genutzt, um Maschinen für die Massenproduktion anzutreiben und somit die Grenzen der menschlichen Kraft zu überwinden. Bei der KI-Revolution werden hingegen mit Computern informationsbasierte Werkzeuge entwickelt, mit denen die Grenzen der Informationsverarbeitung des menschlichen Gehirns überwunden werden.

Zu den wichtigsten Errungenschaften der industriellen Revolution gehören der Übergang von der Dampfmaschine zu elektrisch betriebenen Zügen und Schiffen, die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion durch die Einführung mechanisierter Landmaschinen und chemischer Düngemittel, die Entwicklung des Telefons und die Herstellung von Arzneimitteln wie Penicillin. Als Ergebnis der Revolution der künstlichen Intelligenz können wir die potenzielle Ausrottung vieler weit verbreiteter Krankheiten, effizientere Transportmittel, die Entwicklung fortschrittlicher Methoden zur Verbrechensbekämpfung (und gleichzeitig die Ermöglichung von neuen Verbrechen durch dieselbe Technologie) sowie alle möglichen anderen Entdeckungen erwarten, wie z. B. die Entwicklung militärischer Fähigkeiten zur Landesverteidigung und territorialen Vorherrschaft.

Wir können feststellen, dass fast alle neu entdeckten Technologien auf den vorherigen Entdeckungen anderer beruhen, und durch menschliche Bedürfnisse und angeborene Neugierde angetrieben wurden. Die künstliche Intelligenz bildet da keine Ausnahme. In der Antike verbesserten die Finnen die Konstruktion und die Materialien für die Axt und verbesserten damit das Fällen von Bäumen. Die Axt führte zu besseren Unterkünften und Fischerbooten. Damit verbesserte sich die Ernährung der Menschen, was letztlich zu einer höheren Lebenserwartung führte.

Die Axt ist ein Werkzeug. Künstliche Intelligenz ist auch ein Werkzeug, das der heutigen Generation helfen kann, besser und länger zu leben. Doch genauso wie Äxte großen Schaden anrichten können, kann dies auch die künstliche Intelligenz. Wir können also davon ausgehen, dass die Revolution der künstlichen Intelligenz sowohl positive als auch negative Folgen für die Gesellschaft haben wird.

### KI-Winter

Der Begriff „KI-Winter“ wurde um 1984 von Forschern der künstlichen Intelligenz geprägt. Dies klingt zwar etwas melodramatisch, passt aber gut zur Kultur der künstlichen Intelligenz, die für ihre Überschwänglichkeit bekannt ist. Das Wort „Winter“ ist dem Ausdruck „nuklearer Winter“ entlehnt, einer Nachwirkung eines hypothetischen nuklearen Weltkriegs, bei dem die Asche die Atmosphäre verdunkelt und die Sonne jahrelang daran hindert, in die Erdatmosphäre einzudringen, so dass nichts wächst und die Temperaturen sehr kalt bleiben. Angewandt auf die künstliche Intelligenz bezeichnet der Begriff einen ausgeprägten und anhaltenden Rückgang des Interesses und der Finanzierung der Technologie und Forschung im Bereich der künstlichen Intelligenz. Zu einem solchen Rückgang kommt es, wenn deutlich wird, dass die Erwartungen des übersteigerten Optimismus gegenüber neuen technologischen Entwicklungen realistischerweise nicht erfüllt werden können. Es gab zwei solcher KI-Winter, einen ungefähr zwischen 1974 und 1980 und einen weiteren ungefähr zwischen 1987 und 1993.

Der erste KI-Winter wurde durch das Ausbleiben der erwarteten Ergebnisse bei der automatischen Übersetzung natürlicher Sprachen und durch Unzulänglichkeiten bei konnektionistischen (auf Vernetzung basierten) Ansätzen der künstlichen Intelligenz verursacht. Während sich die ehemalige Sowjetunion und die Vereinigten Staaten im Kalten Krieg befanden, war der Bedarf an automatischer Sprachübersetzung auch im Westen groß, weil nicht genügend Übersetzer zur Verfügung standen, um die Nachfrage zu decken. Trotz anfänglicher optimistischer Einschätzungen scheiterten frühe Versuche der maschinellen Übersetzung dramatisch – nicht zuletzt deshalb, weil sie mit Wortmehrdeutigkeiten nicht umgehen konnten. Sätze wie „aus den Augen, aus dem Sinn“ wurden zum Beispiel mit „blinder Idiot“ übersetzt. Die großzügige staatliche Forschungsförderung der Vereinigten Staaten wurde vom *Automatic Language Processing Advisory Committee* (Beratender Ausschuss für automatische Sprachverarbeitung) bewertet. Diese Bewertung besagt, dass maschinelle Übersetzungen weniger genau, teurer und langsamer seien als die Arbeit von Menschen. Außerdem hatte sich gezeigt, dass das Perceptron – ein damals beliebtes frühes Modell neuronal inspirierter künstlicher Intelligenz – schwerwiegende Mängel aufwies, die es daran hinderten, auch nur die einfache logische Funktion der Exklusiv-Oder-Verknüpfung (XOR) darzustellen.

Der zweite KI-Winter trat ein, als in der KI-Gemeinschaft ein allgemeiner Pessimismus herrschte. Es überwog die Meinung, die Branche sei außer Kontrolle geraten, habe enttäuschende Ergebnisse erzielt und würde zusammenbrechen. Diese Auffassung beruhte auf dem Niedergang der Lisp-Maschinen. Lisp-Maschinen waren spezielle Computer mit Unterstützung für die Sprache Lisp, einer beliebten Sprache für KI-Projekte. Es wurde jedoch deutlich, dass die ersten erfolgreichen Versuche von Expertensystemen, die in den Jahren 1980–1987 zu erneutem Interesse an künstlicher Intelligenz führten, nicht über einen bestimmten Punkt hinaus weiterentwickelt werden konnten. Die Gründe für die Entwicklungsgrenzen waren das unüberschaubare Wachstum der zugehörigen Faktendatenbanken sowie deren Unzuverlässigkeit aufgrund unbekannter Eingabedaten.

KI-Winter

Ein Zeitraum, der durch einen anhaltenden Rückgang des Interesses und der Forschungsfinanzierung im Bereich der künstlichen Intelligenz gekennzeichnet ist.

Das Gegenargument zur Idee der KI-Winter ist, dass diese Abschwungphasen in Wirklichkeit ein Mythos sind, verbreitet von einigen prominenten Wissenschaftlern, ihren Organisationen und Anlegern, die Geld verloren hatten. Zwischen 1980 und 1990 war die künstliche Intelligenz tief in alle Arten von Routineverarbeitungen eingedrungen, bis hin zu Kreditkartenbuchungen. Die Tatsache, dass Lisp-Maschinen gescheitert waren und Expertensysteme aus der Mode kamen, bedeutet nicht den Untergang einer ganzen Branche.

###### Ursachen der KI-Winter

KI-Winter sind Zeiträume, in denen die Finanzierung, die Forschung und das Interesse an dem Thema deutlich zurückgehen. Die folgenden Bedingungen können zu einem KI-Winter beitragen:

* + - Unerfüllte Erwartungen: Jede Forschung wird letztlich von einer interessierten Partei finanziert, sei es von einer Regierung, einer Stiftung oder von wohlhabenden Personen, entweder als Investition oder aus Wohltätigkeit. Wenn die finanzierte Forschung nicht die versprochenen Ergebnisse bringt, wird die Finanzierung schließlich eingestellt.
    - Ein Hype, d. h. ein Überschwang, der mehr verspricht, als er halten kann, führt definitionsgemäß zu unerfüllten Erwartungen.
    - Plötzlich tauchen billigere Alternativen zum gerade verfolgten Ziel auf. Dies bringt die Geldgeber immer zu einem neuen Ansatz, wie es bei den Lisp-Maschinen der Fall war.
    - 1985 erklärte sich der neue Leiter der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) der Vereinigten Staaten lediglich bereit, auftragsorientierte Forschung zu finanzieren. Davor hatte die DARPA Grundlagenforschungsprojekte finanziert, die definitionsgemäß keinen Bezug zu einem bestimmten Zweck hatten. Die Bundesgesetzgebung (das Mansﬁeld Amendment von 1969) schrieb vor, dass DARPA nur zweckorientierte Forschung finanzieren sollte, und die Behörde kam dem verspätet nach.
    - Rechenleistung: Erfolgreiche Ergebnisse der künstlichen Intelligenz hängen oft von der Verarbeitung riesiger Datenmengen ab, die eine große Speicherkapazität und eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit erfordern.
    - Datenverfügbarkeit und Rechenleistung müssen aufeinander abgestimmt sein. Sie waren nicht immer zur gleichen Zeit vorhanden. Dies kann dazu führen, dass ein Projekt als gescheitert angesehen wird.
    - Tatsächliches Scheitern von Projekten: Wenn finanzierte Forschung scheitert, sind Enttäuschungen und Vertragskündigungen oft die Folge. Dies war der Fall bei dem von der DARPA finanzierten *Projekt Speech Understanding Research* (SUR), an dem die Carnegie Mellon University scheiterte. Es gibt jedoch gute Argumente dafür, dass Grundlagenforschung eher scheitern als erfolgreich sein wird.

Als Technologie kann die künstliche Intelligenz erst dann große Fortschritte machen, wenn zwei andere Technologien vorhanden sind: die Rechenleistung, also Datenspeicherung und Verarbeitungsgeschwindigkeit, sowie die Verfügbarkeit ausreichend großer Datenmengen.

###### Mittel und Wege gegen den KI-Winter

„Forschungswinter“ sind nicht per se schlecht, denn Reformen sind Teil des Fortschritts. Dies gilt sowohl für die Erforschung der künstlichen Intelligenz als auch für andere Fachgebiete. Fortschritt verläuft nicht linear, sondern er geht eine Zeit lang nach unten und dann wieder nach oben. Die Abhilfe für KI-Winter liegt offensichtlich darin, dass die ihn begründenden Faktoren verringert werden.

Dies ist in einer freien Wirtschaft schwer zu bewerkstelligen, da keine einzelne Person oder Einrichtung alle diese Faktoren kontrolliert. Ein Gegengewicht zu KI-Wintern ist jedoch der Wettbewerb zwischen Nationalstaaten.

Der Wettbewerb zwischen Nationalstaaten wie den Vereinigten Staaten und China heute, den Vereinigten Staaten und der ehemaligen Sowjetunion vor 1991 und Japans Projekten der fünften Generation im Jahr 1981 hat dazu geführt, dass sich konkurrierende Nationalstaaten mit der Forschung im Bereich der künstlichen Intelligenz beschäftigen. Engagement bedeutet auch Finanzierung, denn künstliche Intelligenz ist eine duale Technologie. Bereits 1981 finanzierte das japanische Ministerium für internationalen Handel und Industrie (MITI) ein Software- und Hardware-Projekt der fünften Generation. Das Ziel war ein System, das Gespräche führen, Sprachen übersetzen, Bilder interpretieren und menschenähnliche Gedankengänge ausführen können sollte. Obwohl es offensichtlich die Versprechungen nicht erfüllte, erregte es die Aufmerksamkeit vieler Regierungen. Es ist wichtig zu verstehen, dass die meisten Technologien zur künstlichen Intelligenz einem doppelten Zweck dienen – sie sind sowohl für das Militär als auch für den Verbraucher interessant. So können Roboter und Drohnen beispielsweise in militärischen Gefechtsfeldern eingesetzt werden, aber auch zur Kommissionierung von Produkten in Lagern und zur Auslieferung von medizinischem Material in entlegene Gebiete. Alle Regierungen haben ein gemeinsames legitimes Interesse an der Verteidigung, genauso wie an einer funktionierenden Wirtschaft, also z. B. im Hinblick auf Beschäftigung und Wettbewerb.

###### Der nächste KI-Winter

Die Antwort auf die Frage, ob es einen weiteren KI-Winter geben wird, lautet: Das weiß niemand mit Sicherheit. Bleiben wir bei der Definition eines KI-Winters als einer Periode, in der die Forschung im Bereich der künstlichen Intelligenz wenig oder gar nicht gefördert wird. Dann könnte es tatsächlich zu einem KI-Winter kommen, wenn ein hochgejubeltes Konzept wie die Singularität gefördert und dann wegen mangelnder Ergebnisse nicht weiter finanziert wird. Ein Argument gegen KI-Winter ist jedoch, dass viele Technologien der Künstlichen Intelligenz in andere Bereiche wie die Bioinformatik eingebettet sind und daher einen anderen Namen tragen. Die Streichung von Projekten, die sich nicht bewährt haben, kann also durchaus positiv sein, denn Veränderung und Erneuerung sind Schlüsselelemente einer Revolution. Die Lesenden mögen also selbst entscheiden, ob das Konzept der KI-Winter von Bedeutung ist, oder ob es sich lediglich um einen interessanten Mythos handelt.

### Bemerkenswerte Fortschritte auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die ausgeprägten Abschwünge in der Geschichte der künstlichen Intelligenz untersucht wurden, richten wir den Fokus nun auf die guten Zeiten zwischen den vorangegangenen KI-Wintern, ihre charakteristischen Forschungsthemen und ihre Erfolge. Darüber hinaus werden wir auch wichtige Entwicklungen in benachbarten Fachgebieten und ihren Zusammenhang mit Fortschritten im Bereich der künstlichen Intelligenz untersuchen.

Singularität

Dies bezieht sich auf den Zeitpunkt, an dem sich das exponentielle Wachstum der maschinellen Intelligenz beschleunigt und die nächste Generation der künstlichen Intelligenz entsteht. Diese könnte ihre überlegenen Ressourcen und Fähigkeiten zur Selbstverbesserung nutzen, um eine Folgeversion mit noch höherer Intelligenz zu schaffen.

###### 1956–1974: Aufkommendes Feld der künstlichen Intelligenz

In den Anfangsjahren der Forschung zur künstlichen Intelligenz dominierte das, was heute als symbolische künstliche Intelligenz bezeichnet wird. Bei diesem Ansatz wurde versucht, Denkprozesse als Handhabung von symbolischen Darstellungen der Information nach den Regeln der formalen Logik zu formalisieren. Folglich befassten sich die Systeme der künstlichen Intelligenz dieser Epoche vorwiegend mit der Implementierung von logischen Kalkülen. Dazu setzten sie häufig eine Variante einer Suchstrategie ein, bei der Lösungen durch ein schrittweises Vorgehen erreicht wurden. Die Schritte folgten entweder logisch aus dem vorhergehenden Zustand, oder es wurde systematisch versucht, mögliche Alternativen zu erkunden, wobei zur Vermeidung von Sackgassen Backtracking genutzt wurde. In diesen Jahren wurden auch die ersten Versuche zur Verarbeitung natürlicher Sprache entwickelt. Da sich sowohl die logischen Suchmethoden als auch die ersten Schritte zur Sprachverarbeitung auf stark eingeschränkte Umgebungen (Randbedingungen) konzentrierten, konnten erste Erfolge erzielt werden. Dieser so genannte Mikrowelt-Ansatz zur Schaffung vereinfachter Arbeitsumgebungen für die ersten KI-Lösungen erwies sich auch in den Bereichen Computer-Sehen und Robotersteuerung als fruchtbar. Parallel zu diesen Entwicklungen wurden die ersten theoretischen Modelle von Neuronen entwickelt, also den Zellen, aus denen das Gehirn von Säugetieren besteht. Es wurden entsprechende Modelle dafür entwickelt, wie diese Zellen oder Recheneinheiten in Netzwerken interagieren könnten, um einfache logische Funktionen zu realisieren.

###### 1980–1987: Repräsentation von Wissen

Während sich die erste Welle der Forschung im Bereich der künstlichen Intelligenz in erster Linie auf logische Schlussfolgerungen konzentrierte, war die zweite Welle vor allem durch den Versuch gekennzeichnet, das Problem der Wissensdarstellung zu lösen. Diese Schwerpunktverlagerung entsprang der Einsicht, dass intelligentes Verhalten in alltäglichen Situationen weitgehend auf dem gesunden Menschenverstand und dem Verständnis der Funktionsweise der Welt beruht und nicht nur auf logischen Schlussfolgerungen. Um diesen wissensbasierten Aspekt der Intelligenz zu erfassen, wurde das technologische Konzept der Expertensysteme entwickelt. Das Hauptmerkmal dieser Technologie war der Versuch, thematisch relevantes Wissen systematisch in Wissensdatenbanken zu speichern sowie die Methoden zu entwickeln, um sie effektiv und effizient zu nutzen. Darüber hinaus kam es Anfang der 1980er Jahre zu einem spürbaren Aufschwung bei der staatlichen Finanzierung. Bedeutende Beispiele hierfür sind das Projekt der Fifth Generation Computer der japanischen Regierung und das Alvey-Projekt im Vereinigten Königreich. Anfängliche Rückschläge bei der Entwicklung von Netzwerken und neuronal inspirierten Ansätzen für künstliche Intelligenz wurden durch neue Netzwerkmodelle und Fehlerrückführung (Backpropagation) als wirksame Trainingsmethode für geschichtete Netzwerke von Recheneinheiten behoben.

###### 1993 bis heute: Aus Daten lernen

In den 1990er Jahren gab es große Fortschritte in der KI bei Spielen, als das erste Computersystem (Deep Blue von IBM) den damaligen Weltmeister Garry Kasparov besiegte. Abgesehen von diesem beachtlichen, aber begrenzten Erfolg haben sich die Methoden der künstlichen Intelligenz bei der Entwicklung von Lösungen für die reale Welt durchgesetzt. In einzelnen Teilbereichen haben erfolgreiche Ansätze allmählich Eingang in reale Anwendungen gefunden – oft ohne ausdrücklich als künstliche Intelligenz bezeichnet zu werden.

Seit Anfang der 1990er Jahre sind zudem Ideen aus Mathematik, Statistik, Entscheidungstheorie und Operations-Research eingeflossen, die dazu beigetragen haben, dass sich die künstliche Intelligenz zu einer ausgereiften und präzisen wissenschaftlichen Disziplin entwickelt hat. Vor allem das Paradigma des intelligenten Akteurs (engl.: *intelligent agent*) hat stark an Popularität gewonnen. Hier verbindet sich der Begriff des rationalen Akteurs aus der Wirtschaftstheorie mit den Begriffen Objekte und Modularität aus der Informatik zur Idee einer intelligent handelnden Einheit. Unter diesem Gesichtspunkt kann die künstliche Intelligenz als die Untersuchung intelligenter Akteure betrachtet werden, wodurch sie sich von der Idee der Nachahmung menschlicher Intelligenz zu einer umfassenderen Untersuchung der Intelligenz im Allgemeinen entwickelt.

Diese Fortschritte wurden durch eine deutliche Zunahme der Rechen- und Datenspeicherkapazitäten unterstützt. Zusammen mit der beispiellosen, mit dem Aufkommen des Internets einhergehenden Zunahme der Menge, Vielfalt und Geschwindigkeit der Datenerzeugung, hat dies den derzeitigen KI-Aufschwung ermöglicht. Der jüngste Aufschwung an Popularität und Interesse an der KI-Forschung, der im Jahr 2012 begann, beruht vor allem auf Fortschritten bei konnektionistischen maschinellen Lernmodellen, dem sogenannten Deep Learning. Beim Deep Learning werden theoretische Fortschritte bei der Konstruktion und Anpassung vernetzter maschineller Lernmodelle synergetisch mit der bereits erwähnten Zunahme der Speicher- und Verarbeitungskapazität sowie mit dem Vorhandensein größerer Datenbestände verknüpft. Damit können solche Modelle trainiert werden und erreichen bei vielen Benchmark-Problemen des maschinellen Lernens bisher nicht gekannte Leistungsstufen. Diese Entwicklungen haben wiederum das Interesse an altbekannten Lernmodellen wie dem bestärkenden Lernen (engl.: *reinforcement learning*) neu belebt und den Weg für völlig neue Ideen wie z. B. das kontradiktorische Lernen geebnet.

###### Linguistik

Linguistik kann als die Wissenschaft von der natürlichen Sprache im Allgemeinen bezeichnet werden. Sie umfasst die Untersuchung der strukturellen (grammatikalischen) und phonetischen Eigenschaften der zwischenmenschlichen Kommunikation. Um Sprache zu verstehen, sind Informationen über das Thema und den Kontext erforderlich. Noam Chomsky trug mit seinem Buch *Syntactic Structures* (1957) entscheidend zu diesem Forschungsgebiet bei*.* Kreativität und Denken können auch als mit der linguistischen künstlichen Intelligenz verbunden betrachtet werden, da alle unsere Denkweisen so eng mit der Sprache als Ausdrucksform verbunden sind. Wie kann ein Kind zum Beispiel etwas sagen, was es noch nie zuvor gesagt hat? Auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz betrachten wir die natürliche Sprache als ein Kommunikationsmedium, bei dem der Kontext gegeben ist. Sprache ist also viel mehr als nur Darstellung.

###### Kognition

Im Zusammenhang mit der künstlichen Intelligenz bezieht sich der Begriff Kognition auf verschiedene Fähigkeiten, darunter Wahrnehmung, Lernen und Verstehen, logisches Denken und Intelligenz sowie Denken und Auffassungsvermögen. Das englische Wort *recognition* spiegelt dies wider. Ein Großteil unseres heutigen Verständnisses der Kognition bei künstlicher Intelligenz beruht letztlich auf einer Kombination verschiedener Wissensbestände. In diesem Fall kommen die Bereiche Psychologie und künstliche Intelligenz zusammen. Die Psychologie befasst sich mit Experimenten an Menschen und Tieren, um neue Theorien und Hypothesen aufzustellen. Die Informatik beschäftigt sich mit der Verhaltensmodellierung dessen, was die Psychologie beobachtet hat.

Computermodelle des Gehirns empfangen einen Reiz und bilden eine interne Repräsentation dieses neuen Reizes, was wiederum das Gehirn dazu veranlassen kann, seine interne Repräsentation zu ändern. Wenn dies der Fall ist, kann das Gehirn Maßnahmen ergreifen. Wenn wir das Gehirn modellieren wollen, müssen wir in das Gehirn hineinsehen. Dies kann durch Beobachtung oder Selbstbeobachtung geschehen. Sobald wir ein kognitives Computermodell haben, das gut funktioniert, besteht der nächste Schritt darin, herauszufinden, wie das Modell Entscheidungen trifft, und dann zu verstehen, warum das so ist. Für die KI-Branche ist es wichtig, „begründete Entscheidungen“ zu liefern. Dies bedeutet, dass das Modell der künstlichen Intelligenz in der Lage sein sollte, seine Überlegungen für einen außenstehenden Beobachter transparent zu machen. Da auf künstlicher Intelligenz beruhende Entscheidungen heute in sehr vielen Bereichen unseres Lebens eine Rolle spielen, müssen Menschen, die sich mit der ethischen Nutzung künstlicher Intelligenz befassen, in der Lage sein zu erklären, wie Entscheidungen getroffen werden. Dennoch fehlt dieser Aspekt noch immer, insbesondere bei den auf Deep Learning basierenden und derzeit recht beliebten Ansätzen.

###### Spiele

Spiele sind nicht nur Glücksspiele oder Spiele wie Tennis. Bei der künstlichen Intelligenz geht es um Lernen, Ungewissheit und Wahrscheinlichkeiten. John Von Neuman (1903–1957) und Oskar Morgenstern (1902–1977) begründeten die Spieltheorie als formales mathematisches Fachgebiet. In der Folge wurde eine umfassende Taxonomie der Spiele erstellt, und in einigen Fällen wurden sogar nachweislich optimale rationale Spielstrategien entwickelt. Die meisten Spiele werden zur Unterhaltung oder mit Gewinnabsicht gespielt, wie z. B. Schach, Poker, Dame und Bridge. Bei all diesen Spielen sind die Maschinen inzwischen auf einem höheren Niveau angelangt als selbst die besten menschlichen Experten der Welt.

Entscheidungstheorie und Spieltheorie sind in gewisser Weise verwandt. Die Entscheidungstheorie befasst sich mit Ungewissheit und Anwendbarkeit, oder anders ausgedrückt, mit Wahrscheinlichkeit und Nutzen. Die Spieltheorie ist dadurch gekennzeichnet, dass die Züge von Spieler X die Möglichkeiten von Spieler Y beeinflussen. Aber nicht in jedem Fall ist Gewinnen das Ziel. Kinder, die Spiele spielen, amüsieren sich nicht nur und vertreiben sich die Zeit, sie experimentieren auch mit den Möglichkeiten. Sie lernen dabei und finden heraus, was funktioniert und wie die Dinge funktionieren. Aus ihren Beobachtungen entwickeln sie Verständnis.

Ein Beispiel für ein Nullsummenspiel mit perfekter Information und dennoch hoher Komplexität ist das alte asiatische Brettspiel, das im Westen unter seinem japanischen Namen Go bekannt ist (WeiQi auf Chinesisch, Baduk auf Koreanisch). Go ist ein 2.500 Jahre altes Spiel für zwei Spieler, bei dem das Hauptziel darin besteht, das größte Gebiet zu umzingeln. Trotz seiner Einfachheit in Bezug auf das Regelwerk sind die Komplexität und die Schwierigkeit des Spiels auf das große Spielbrett zurückzuführen, das kombinatorisch gesehen eine gigantische Anzahl möglicher Züge mit sich bringt. Vor 2016 wurde davon ausgegangen, dass diese kombinatorische Komplexität (welche die erfolgreiche Nutzung von Methoden für Spiele wie Dame und Schach verhindert) dazu führen würde, dass dieses Gebiet auf absehbare Zeit von menschlichen Spielern dominiert wird. Im Jahr 2016 spielte jedoch einer der weltbesten Go-Spieler, der Koreaner Lee Sedol, ein 5-Partien-Match gegen AlphaGo, ein Go-Spielsystem, das von dem Google-Unternehmen DeepMind entwickelt wurde.

Dieses Spiel endete mit einem überwältigenden 4:1-Sieg für AlphaGo, ein System, das auf tiefen Netzwerken und bestärkendem Lernen (*Reinforcement Learning*) basiert.

Die im Spiel von 2016 verwendete Version nutzte noch das von Menschen im Laufe der langen Geschichte des Spiels erworbene Go-Wissen, indem sie Aufzeichnungen von professionellen Go-Spielern zum Training heranzog. Später hat DeepMind ein System namens AlphaZero entwickelt, welches das Spiel ausschließlich durch eigenes Spielen erlernt und auf traditionelles Go-Wissen gänzlich verzichtet. Bemerkenswerterweise ist dieses System sogar noch stärker geworden. In der Folge hat es zahlreiche Partien gespielt, in denen es Fachleute mit effektiven und effizienten Zügen überraschte, die von der konventionellen Go-Theorie bisher gemieden wurden. Ein solcher Ansatz ist besonders nützlich für die Politikforschung und die Entdeckung von Strategieoptionen, auf die der Mensch noch nicht gekommen ist.

###### Das Internet der Dinge (IoT)

Das Internet der Dinge (engl.: *Internet of Things*, IoT) ist ein Vorstoß der Künstlichen Intelligenz. Es gibt noch keine Vordenker oder dominierenden Institutionen, die dieses Konzept offiziell unterstützen. Es gibt aber einen großen Hype um die mögliche Rolle der künstlichen Intelligenz in diesem Bereich. Im Prinzip bezieht sich das IoT auf miteinander verbundene Computergeräte, die in Wohnungen, Autos, tragbare Geräte (engl.: *wearable devices*) und Telefone integriert sind. Solche Geräte werden in der Regel jeden Tag benutzt. Außerdem können diese Geräte untereinander und mit ihren Nutzern Daten austauschen. Die dadurch entstehenden große Datenmengen können sowohl für produktive als auch für destruktive Zwecke genutzt werden. Eine konstruktive Anwendung ist zum Beispiel die Erinnerung an die Medikamenteneinnahme auf der Grundlage der Messungen von Körperfunktionen durch am Körper getragene Geräte. Eine negative Anwendung könnte die Überwachung von Daten über die von einer Person eingenommenen Medikamente sein, um die Höhe ihres Krankenversicherungsbeitrags zu bestimmen. Mit anderen Worten: Bei der Nutzung von Geräten der künstlichen Intelligenz stellen sich Fragen zur Verletzung der Privatsphäre sowie zur Ethik der Datennutzung. Das Internet der Dinge ist selbst zwar nicht direkt als künstliche Intelligenz zu bezeichnen, ist aber eng mit ihr verbunden. Beim IoT geht es ja gerade um die Vernetzung von Maschinen und die Generierung von Daten, wobei das intelligente Verhalten dieser Maschinen von Algorithmen der künstlichen Intelligenz abgeleitet wird.

###### Quantencomputer

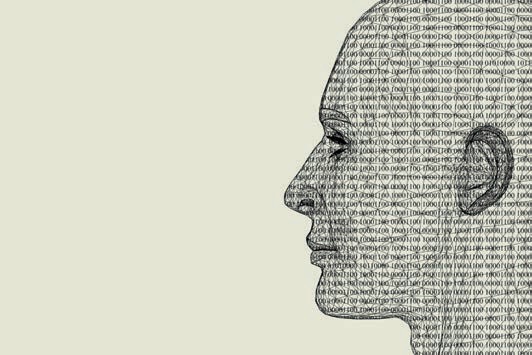
Das Quantencomputing ist, genau wie das Internet der Dinge, ein sich anbahnender Fortschritt in der künstlichen Intelligenz. Der Begriff „Quantencomputer“ stammt aus der physikalischen Theorie der Quantenmechanik, die sich mit dem sehr ungewöhnlichen Verhalten subatomarer Teilchen beschäftigt. Ein Elektron kann sich zum Beispiel gleichzeitig in zwei verschiedenen Zuständen (Orten) befinden. Die Quantenmechanik geht allgemein davon aus, dass physikalische Systeme durch eine Wellenfunktion charakterisiert werden. Diese beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass sich das System in einem bestimmten Zustand befindet. Das Ziel der Quanteninformatik ist der Bau von Supercomputern, die diese Quanteneigenschaften der Materie nutzen, um neuartige algorithmische Ansätze zu implementieren. Damit soll die Leistung klassischer Maschinen deutlich übertroffen werden (siehe Giles, 2019). Man kann argumentieren, dass der probabilistische Ansatz, der vielen KI-Techniken innewohnt, sowie die allgegenwärtige Nutzung von Optimierungsmethoden gut für die Informationsverarbeitung durch Quantencomputer geeignet sind. Dies bringt sie in eine sehr vielversprechende Position, von Fortschritten und Ergebnissen auf diesem Gebiet zu profitieren.

Zusammenfassung

In dieser Lektion haben wir einen ersten Überblick über das Feld der künstlichen Intelligenz gewonnen und einige bemerkenswerte Entdeckungen untersucht, die für die Entwicklung des Feldes entscheidend waren. Hierzu gehören unter anderem das logische Kalkül, Verzweigungs- und Suchalgorithmen, Wissensdarstellung in Expertensystemen und vernetzte Modelle des maschinellen Lernens. Dabei haben wir auch Misserfolge und Phasen der Stagnation auf dem Weg dorthin beleuchtet.

Wir wollten damit zeigen, dass im Laufe der Geschichte der künstlichen Intelligenz verschiedene Paradigmen zu unterschiedlichen Zeiten das öffentliche Verständnis dieses Felds geprägt haben. Daher gibt es keinen triftigen Grund zu der Annahme, dass das derzeit so beliebte Paradigma der Deep-Learning-Netzwerke die abschließende Idee vorgibt, wie wir intelligentes Verhalten in Maschinen implementieren können.

Darüber hinaus haben wir einige Nachbarbereiche der künstlichen Intelligenz wie Linguistik, Spieltheorie, das Internet der Dinge (IoT) und Quantencomputer angesprochen, um das breite Spektrum der Bereiche aufzuzeigen, die entweder zur Entwicklung der künstlichen Intelligenz beigetragen haben oder von ihr beeinflusst wurden.



# Lektion 2

## Frühe Systeme der künstlichen Intelligenz

#### STUDIENZIELE

Nach Abschluss dieser Lektion werden Sie gelernt haben,

... welche wichtigen Ansätze das Feld der künstlichen Intelligenz in der Vergangenheit geprägt haben und es auch heute noch beeinflussen.

... warum Expertensysteme wichtig sind und welchen Beitrag sie zu den Feldern künstliche Intelligenz und Informatik geleistet haben.

... welche Fortschritte die Programmiersprache Prolog mit sich bringt.

... wie maschinelles Lernen definiert ist und wie es zur künstlichen Intelligenz beiträgt.

DL-E-DLMAIAI01-U02

1. Frühe Systeme der künstlichen Intelligenz

### Einführung

Im Laufe der Geschichte der künstlichen Intelligenz wurde eine Vielzahl von Ansätzen zur Nachbildung kognitiver Prozesse und Fähigkeiten erforscht. Einige davon sind von der Wissenschaft praktisch aufgegeben worden, während andere bis heute aktiv weiterverfolgt werden. Bei den meisten von ihnen gab es jedoch im Laufe der letzten 70 Jahre KI-Forschung ein Auf und Ab. Auch die aufgegebenen Zweige der künstlichen Intelligenz haben wertvolle Erkenntnisse über verschiedene Aspekte der Intelligenz hervorgebracht. Sie haben uns die Komplexität kognitiver Prozesse verdeutlicht und viele frühere Missverständnisse über die angebliche Einfachheit von Wahrnehmung und kognitiven Aufgaben ausgeräumt. In dieser Lektion werden drei wichtige Forschungszweige der künstlichen Intelligenz vorgestellt, die wichtige Gesichtspunkte der künstlichen Intelligenz repräsentieren und die Wahrnehmung der Forschung auf diesem Gebiet erheblich verbessert haben.

### Überblick über Expertensysteme

Wie der Name schon sagt, besteht das Ziel von Expertensystemen darin, den Entscheidungs- und Lösungsfindungsprozess von Experten (Fachleuten) nachzuahmen. Mit „Experten“ sind Menschen mit speziellen Kenntnissen und Erfahrungen in einem bestimmten Bereich gemeint, z. B. Medizin oder Mechanik – also Fachleuten auf dem jeweiligen Gebiet. Da die Fragestellungen in einem bestimmten Bereich zwar durchaus ähnlich, aber nie ganz gleich sind, kann die Lösung von Aufgaben oder Problemen in einem bestimmten Bereich nicht allein durch Auswendiglernen erreicht werden. Vielmehr wird die Problemlösung durch eine Methode ergänzt, die Erfahrungswissen mit neuen Problemen und Anwendungsszenarien abgleicht. Expertensysteme bestehen daher aus einem formalisierten Wissensbestand und einer Inferenzmaschine, die diese Wissensbasis nutzt, um Schlussfolgerungen zu ziehen.

Im Hinblick auf die Darstellung von Wissen können drei Hauptansätze für Expertensysteme unterschieden werden:

* Fallbasierte Systeme speichern Beispiele für konkrete Probleme zusammen mit einer erfolgreichen Lösung. Wenn das System mit einem neuen, bisher unbekannten Fall konfrontiert wird, versucht es, eine Lösung für einen ähnlichen Fall zu finden und diese Lösung auf den vorliegenden Fall anzuwenden. Die größte Herausforderung besteht darin, ein geeignetes Ähnlichkeitsmaß für den Vergleich von Problemstellungen zu finden.
* Regelbasierte Systeme stellen die Wissensbasis in Form von Fakten und Regeln des Typs „Wenn A, dann B“ dar, die also Zusammenhänge zwischen Fakten beschreiben.
* Lässt sich die zu lösende Problemklasse als Entscheidungsproblem kategorisieren, kann das Wissen in Form von Entscheidungsbäumen dargestellt werden. Letztere werden in der Regel durch die Analyse einer Reihe von Beispielen erstellt.

Die Inferenzmaschine hingegen implementiert Regeln des logischen Denkens, um neue Fakten, Regeln und Schlussfolgerungen abzuleiten, die nicht explizit im gegebenen Korpus der Wissensbasis enthalten sind.

Historisch gesehen sind Expertensysteme ein Nebenprodukt früherer Versuche, einen sogenannten allgemeinen Problemlöser zu implementieren. Dieser Ansatz wird in erster Linie mit den Forschern Herbert A. Simon und Allen Newell in Verbindung gebracht. Mit Hilfe einer Kombination aus Erkenntnissen der Kognitionswissenschaft und mathematischen Modellen des formalen Denkens entwickelten sie in den späten 1950er Jahren ein System, das beliebige Probleme durch sukzessive Reduktion auf einfachere Probleme lösen sollte. Obwohl dieser Versuch im Vergleich zu seinen hochgesteckten Zielen letztlich als gescheitert betrachtet werden muss, hat er sich dennoch als äußerst fruchtbar für die weitere Entwicklung der Kognitionswissenschaft erwiesen.

Eine der ersten Erkenntnisse aus dem Versuch der allgemeinen Problemlösung war, dass die Entwicklung eines bereichsspezifischen Problemlösers, zumindest im Prinzip, einfacher zu bewerkstelligen sein müsste. In der Folge wurde also über Systeme nachgedacht, die bereichsspezifisches Wissen mit bereichsabhängigen, passenden Denkmustern kombinierten. Edward Feigenbaum, der an der Stanford University arbeitete (der damals führenden akademischen Einrichtung auf diesem Gebiet), definierte den Begriff Expertensystem und entwickelte im Rahmen des „Heuristic Programming“-Projekts die ersten praktischen Beispiele.

Die erste bemerkenswerte Anwendung war DENDRAL, ein System zur Identifizierung organischer Moleküle. Auf der Grundlage von Daten und Regeln wurden in einem nächsten Schritt Expertensysteme entwickelt, die bei der medizinischen Diagnose von Infektionskrankheiten helfen sollten. Das daraus entstandene Expertensystem wurde MYCIN genannt und verfügte über eine Wissensbasis von etwa 600 Regeln. Erst in den 1980er Jahren erreichten Expertensysteme jedoch den Höhepunkt des Forschungsinteresses und führten zur Entwicklung kommerzieller Anwendungen.

Die wichtigste Errungenschaft der Expertensysteme war ihre Vorreiterrolle bei der Idee einer formalen, aber dennoch nachvollziehbaren Darstellung von Wissen. Diese Darstellung war explizit in dem Sinne, dass sie als eine Reihe von Fakten und Regeln formuliert wurde, die Fachleuten die Erstellung, Inspektion und Überprüfung erlaubten. Dieser Ansatz trennt also eindeutig die fachbereichsspezifische, „geschäftliche“ Logik von der allgemeinen Logik, die zur Ausführung des Programms benötigt wird und die im Inferenzmodul sitzt. In krassem Gegensatz dazu werden bei konventionellen Programmieransätzen sowohl die interne Steuerungslogik als auch die fachliche Geschäftslogik implizit in Form eines Programmcodes dargestellt, der für Nicht-IT-Experten schwer zu lesen und zu verstehen ist. Der Ansatz der Expertensysteme ermöglichte es im Prinzip auch Nicht-Programmierern, eine Softwarelösung zu entwickeln, zu verbessern und zu warten. Darüber hinaus entstand damit die Idee des *Rapid Prototyping*, da die bereits vorhandene Inferenzmaschine die Erstellung von Programmen für völlig unterschiedliche Zwecke ermöglichte, indem einfach der Satz der zugrunde liegenden Regeln in der Wissensbasis geändert wurde.

Ein großer Nachteil des klassischen Expertensystem-Paradigmas, der schließlich auch zu einem starken Rückgang seiner Popularität führte, hing jedoch auch mit der Wissensbasis zusammen. Da Expertensysteme für eine wachsende Zahl von Anwendungen entwickelt wurden, erforderten viele interessante Anwendungsfälle immer größere Wissensbasen, um das betreffende Sachgebiet zufriedenstellend zu repräsentieren. Diese Erkenntnis erwies sich in zweierlei Hinsicht als problematisch. Erstens wächst die rechnerische Komplexität der Inferenz schneller als linear mit der Anzahl der Fakten und Regeln. Das bedeutet, dass die Antwortzeiten des Systems für viele praktische Probleme schlicht zu lang waren. Zweitens wird es mit zunehmender Größe einer Wissensbasis immer schwieriger, ihre Konsistenz nachzuweisen, weil sichergestellt werden muss, dass sich die einzelnen Elemente nicht widersprechen.

Konsistenz   
Gemeint ist eine widerspruchsfreie Menge logischer Lehrsätze, die alle gleichzeitig erfüllt sein müssen. Eine Menge von Lehrsätzen, in der nicht alle Aussagen gleichzeitig wahr sein können, wird als inkonsistent bezeichnet.

Deklarative   
Programmierung

Dies ist ein Programmierstil, bei dem die Programmierenden die Eigenschaften der gesuchten Lösung festlegen, nicht aber den Algorithmus, d. h. die Abfolge der Operationen, die zu einer Lösung führen.

Die Konstruktion von Inferenzmaschinen für Expertensysteme machte den Bedarf an einer Programmiersprache deutlich, mit der die Formulierung von logischen Regeln und Schlussfolgerungen leichter sein sollte. Dafür erhielt die Programmiersprache Prolog, von Französisch *„programmation en logique“* (Programmierung in Logik) wachsende Bedeutung.

### Einführung in Prolog

Prolog wurde von den französischen Informatikern Alain Colmerauer und Philippe Roussel entwickelt und vom Logiker Robert Kowalski weiterentwickelt. Die Sprache wurde erstmals in den frühen 1970er Jahren implementiert. Die Hauptmotivation für die Entwicklung von Prolog war der Einsatz bei der Entwicklung von Systemen zur Verarbeitung natürlicher Sprache und künstlicher Intelligenz. Das Ziel dieses Abschnitts ist es nicht, das Programmieren in Prolog zu erlernen. Vielmehr soll die Sprache als Werkzeug zur Lösung logischer Probleme verstanden und ihr Beitrag zur weiteren Entwicklung von KI sowie zum Entwurf von Programmiersprachen erkannt werden.

Auf der untersten Ebene verarbeitet ein Digitalcomputer Informationen in Form der Werte 0 und 1, die als Bits bezeichnet werden. Offensichtlich ist diese Form der Darstellung nicht besonders gut für die menschliche Interpretation und Handhabung geeignet. Um die Programmierung eines solchen Geräts zu erleichtern, wurden Programmiersprachen entwickelt, die Abstraktionen von der grundlegenden technischen Ebene bieten und so dem Denken, der algorithmischen Beschreibung und den logischen Denkmustern von Menschen näher kommen. Der wichtigste Unterschied zwischen den Programmiersprachen ergibt sich aus dem Grad und der Art der Abstraktionen, die sie bieten. Die meisten Computersprachen aus derselben Zeit, in der auch Prolog konzipiert und implementiert wurde, waren imperative Sprachen. Dies sind Sprachen, bei denen ein Programm eine Reihe von Anweisungen enthält, denen die Maschine auf dem Weg zu einem gewünschten Ergebnis oder einer Lösung folgen muss.

Im Gegensatz dazu basiert Prolog auf einem deklarativen Programmieransatz. Der Programmierer gibt die Merkmale der gewünschten Lösung vor, und der Interpreter der Programmiersprache erstellt dann eine Folge von Verarbeitungsschritten zur Erreichung des vorgegebenen Ziels. Ein bekanntes Beispiel für dieses Paradigma ist die standardisierte Abfragesprache (*Standardized Query Language*, SQL) für relationale Datenbanken. Eine typische Abfrage besteht aus einer Anweisung mit der Tabelle, aus der die Datensätze abgerufen werden sollen, sowie aus einer oder mehreren Bedingungen, welche die Datensätze erfüllen müssen. Das Datenbankmanagementsystem generiert dann automatisch einen Ausführungsplan (also eine Abfolge von Verarbeitungsschritten), der das in der Abfrage angegebene Ergebnis liefert. Analog dazu besteht ein Prolog-Programm aus einer Sammlung von Fakten und Regeln, welche die Fakten zueinander in Beziehung setzen. Die Programmausführung wird dann durch eine Suchanfrage (*query*) an die oben genannte Wissensbasis eingeleitet.

Bevor wir tiefer in Prolog eintauchen, betrachten wir die folgende Analogie:

* + 1. Als Menschen haben wir ein Gehirn, das voll von Daten, Fakten, Zahlen und Wissensbrocken ist, die wir im Laufe unseres Lebens angesammelt haben. Dies betrachten wir als unsere Wissensbasis.
    2. Wir kennen zudem die Regeln zu den Fakten, von denen wir viele im Laufe der Zeit beobachtet und angewendet haben. Betrachten wir diese als logische Regeln, deren Anwendung zu guten Entscheidungen führt.
    3. Wir sind außerdem neugierig und wollen lernen, wie wir unsere Umgebung zum Besseren verändern können, und stellen deshalb oft Fragen. Auf der Grundlage von Fakten und Regelanwendung ergeben sich vernünftige, auf gesundem Menschenverstand beruhende Antworten, die hoffentlich Lösungen für die wahrgenommenen Probleme darstellen.

Prolog wurde entwickelt, um diese Prozesse in Form von Logik erster Ordnung zu formalisieren. Die Struktur von Prolog besteht aus Prädikaten und Klauseln. Ein Prädikat ist eine boolesche Funktion, die einem Objekt X einen Wahrheitswert zuweist. Daher werden Prädikate häufig verwendet, um Eigenschaften von Objekten zu beschreiben. Der Begriff „Klausel“ bezeichnet einen logischen Ausdruck, der aus einer endlichen Anzahl von elementaren Aussagen gebildet wird.

Prolog-Programme beginnen normalerweise mit der Deklaration von Fakten und Beziehungen (Zusammenhängen). Zum Beispiel:

* A und B sind beide männlich.
* A und B haben denselben Vater.
* A und B haben dieselbe Mutter.
* A und B sind nicht dasselbe.

Eine andere Beziehung könnte zwischen einer Person und einer Sache erklärt werden. Zum Beispiel erklärt die Aussage „Joachim besitzt ein Buch“ eine Beziehung des Eigentums zwischen Joachim und dem Buch.

Sobald die grundlegenden Beziehungen erklärt sind, können Fakten betrachtet, Fragen gestellt, Variablen einbezogen, Ziele formuliert und Muster abgeglichen werden. Die folgende Tabelle zeigt eine kleine Auswahl sehr grundlegender Aussagen, die das Wesen der Sprache veranschaulichen. Anweisungen werden immer in Kleinbuchstaben geschrieben und Variablen beginnen mit einem Großbuchstaben.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Beispiel für die Sprache Prolog | | |
| Prolog-Sprachkonstrukt | Prolog-Syntax | Bedeutung und Ergebnis |
| Fakt | lectures (Smith, DLMAIAI01) | Stellt die Tatsache fest, dass Dr. Smith den Kurs DLMAIAI01 unterrichtet. Dies ist ein Beispiel für eine Prolog-Klausel. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Prolog-Sprachkonstrukt | Prolog-Syntax | Bedeutung und Ergebnis |
| Prädikat | professor/1 professor(Smith).  professor(Jones).  professor(Meyer). | Definiert das Ein-Argument-Prädikat „professor“ durch drei Fakten. Die Herren Smith, Jones und Meyer sind Professoren. |
| Regel | technicalCourse(X) :–  engineeringCourse(X) | Alle Ingenieurstudiengänge sind technische Studiengänge. Zu beachten ist die Verwendung der Variablen X! |
| Abfrage | ? – lectures(Smith, DLMAIAI01) | Unterrichtet Dr. Smith den Kurs DLMAIAI01? |
| Ziel | ? – lectures(Smith, X) | Welche Kurse unterrichtet Dr. Smith? Zu beachten ist die Verwendung der Variablen X! |

Da Prolog in einzigartiger Weise für den Umgang mit Logik geeignet war, wurde es in einer Vielzahl von kommerziellen Anwendungen eingesetzt (Roth, 2002). Hier eine Auswahl davon:

* + An der Penn State University wurden Umweltstudien zur Modellierung von Wetterphänomenen durchgeführt, wobei Prolog zum Aufbau eines Systems für die Wettervorhersage und die Ausbreitung der Luftverschmutzung verwendet wurde.
  + Die Universität von Surrey im Vereinigten Königreich hat mehrere Systeme für Wasserversorgungsunternehmen entwickelt, wobei Prolog für die Wasserverteilung und -planung, insbesondere in Notfällen, eingesetzt wird.
  + In der Fertigung wird ständig versucht, die Kosten zu senken. Der Flugzeughersteller Boeing nutzte Prolog erfolgreich bei einem System namens CASEy, das die Arbeiter in den Werkstätten beim Umgang mit elektrischen Teilen und in der Einhaltung ordnungsgemäßer Betriebsabläufe anleitete. Dies führte zu einer Verkürzung der Montagezeiten.
  + Die Abfrage von Wissensbasen ist eine Stärke der Sprache Prolog, weil ihre einzigartige Fähigkeit zur Verarbeitung von Logik erster Ordnung dafür überaus nützlich ist.

### Mustererkennung und maschinelles Lernen (ML)

Das Feld maschinelles Lernen ist so alt wie die künstliche Intelligenz selbst. Es ist jedoch erst seit kurzem das vorherrschende Paradigma in der KI-Forschung. Eine der am häufigsten zitierten und pragmatischen Definitionen des maschinellen Lernens wurde von dem amerikanischen Forscher Tom Mitchell (1997, S. 2) geprägt: „Ein Computerprogramm soll aus Erfahrung E in Bezug auf eine Klasse von Aufgaben T und einem Leistungsmaß P lernen, wenn sich seine Leistung bei Aufgaben T, gemessen durch P, mit der Erfahrung E verbessert.“

Diese Definition unterstreicht die Tatsache, dass das Lernen aus Daten ein Hauptmerkmal des maschinellen Lernens ist. Zu diesem Zweck stützt es sich auf eine Vielzahl von Methoden, von der klassischen Statistik bis hin zu eher algorithmisch motivierten Ansätzen.

Um einen besseren Überblick über das maschinelle Lernen zu erhalten, ist es hilfreich, zwischen einigen bekannten Lernansätzen zu unterscheiden.

Überwachtes Lernen

Überwachtes Lernen (Supervised Learning) arbeitet mit beschrifteten Datensätzen, d. h. die Lernbeispiele bestehen aus Objektbeschreibungen in Form von Merkmalen und Kennzeichnungen, die zu diesen Objekten gehören. Die Aufgaben können dann anhand der gegebenen Beispiele beschrieben werden, um Zuordnungen zwischen Merkmalswerten und Ausgaben zu ermitteln, die es dem Lernenden ermöglichen, die Kennzeichnung für bisher ungesehene Objekte vorherzusagen. Je nach Art des zu erzeugenden Ergebnisses wird zwischen Regression und Klassifizierung unterschieden. Bei der Regression ist die Ausgabe eine kontinuierliche numerische Variable. Ziel der Regression ist es also, Funktionen mit reellen Werten zu finden, die eine Abbildung zwischen dem Eingaberaum der Merkmale und dem Ausgaberaum der zugehörigen Werte darstellen. Ist die Ausgabe dagegen auf eine begrenzte Menge von Werten beschränkt, wird dies Klassifizierung genannt. Gängige Beispiele sind die Kennzeichnung von E-Mail-Nachrichten als Spam oder das Auffinden von Bildern mit bestimmten Inhalten in großen Bilddatenbanken.

Unüberwachtes Lernen

Unüberwachtes Lernen (Unsupervised Learning) arbeitet mit Daten ohne jegliche Kennzeichnungsinformationen. Das Hauptziel besteht darin, Strukturen oder Muster in den Daten zu erkennen. Zu den bekanntesten Beispielen für unüberwachte Lerntechniken gehören das Clustering, das Auffinden von Gruppen von Datenpunkten mit hoher Ähnlichkeit, Techniken zur Dimensionalitätsreduzierung, die Konstruktion niedrigdimensionaler Projektionen von potenziell hochdimensionalen Merkmalsräumen, die eine interessante Struktur beibehalten, und statistische Techniken, welche die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen von Zufallsvariablen schätzen.

Bestärkendes Lernen

Beim bestärkenden Lernen (Reinforcement Learning) wird ein lernender Agent in einer Umgebung betrachtet. Der Agent kann Aktionen durchführen, die seinen internen Zustand und den der Umgebung beeinflussen. Eine Belohnungsfunktion wird eingesetzt, um den Nutzen der durchgeführten Aktionen im Hinblick auf ein bestimmtes Ziel zu beurteilen. Da der Agent seine eigenen Lerndaten durch Ausprobieren von Handlungsalternativen erzeugt, ist keine vorherige Datenerfassung erforderlich. Aufgrund der Rahmenbedingungen des Lernproblems wird das bestärkende Lernen häufig mit Ergebnissen aus der Spiel- und Entscheidungstheorie in Verbindung gebracht oder von diesen geleitet. Ein bekanntes Beispiel für ein System der künstlichen Intelligenz, das Techniken des bestärkenden Lernens einsetzt, ist AlphaZero. Beispiele für dieses System sind die Spiele Go, Schach und Shogi, die mit übermenschlichen Fähigkeiten gespielt werden können, wenn jemand nur die Grundregeln kennt und ausgiebig selbst spielt.

Agent

Im Bereich der künstlichen Intelligenz bezeichnet der Begriff „Agent“ eine autonome Einheit, die ihre Umgebung wahrnimmt und zielgerichtet auf sie einwirkt.

### Anwendungsfälle

In dieser Lektion wurden drei Hauptströmungen in der Entwicklung der künstlichen Intelligenz dargestellt. Die folgende Liste gibt einen kurzen, aber keineswegs erschöpfenden Überblick über die Vielzahl von Problemen, die mit Hilfe künstlicher Intelligenz angegangen werden können.

* + Gesundheitsfürsorge
    - Tragbare Geräte, die einer Armbanduhr nicht unähnlich sind, können wichtige Vitalzeichen, wie Blutdruck und Körpertemperatur, überwachen. Anhand dieser Daten kann ein KI-Agent oder ein Expertensystem den Zustand des Trägers analysieren und Ratschläge erteilen.
    - Bei mehreren Erkrankungen kann ein Agent für Medikamentenverordnung Behandlungsoptionen vorschlagen, damit eine optimale Kombination von Medikamenten ermöglicht und negative Nebenwirkungen vermieden werden.
    - Ein KI-Agent kann auch zur Überwachung der Patienten eines Arztes und ihrer jeweiligen Bedürfnisse eingesetzt werden. So kann die Einhaltung von Terminen sichergestellt werden, insbesondere bei einer großen Anzahl an Patienten.
  + Automobile und Verkehr
    - Auch wenn Autos noch nicht völlig autonom fahren, ist ein durchschnittliches Auto heute schon mit zahlreichen Sensoren ausgestattet, die dem Fahrer mehr Sicherheit verschaffen.
    - KI-Sensoren können sowohl technische Probleme am Auto als auch medizinische Probleme des Fahrers erkennen, wie z. B. Alkohol im Atem des Fahrers.
  + Bankwesen
    - Größere Betrugsfälle konnten Jahre nach ihrer Entstehung aufgedeckt werden. Selbst kleine Unregelmäßigkeiten im Alltag lassen sich durch künstliche Intelligenz und Mustererkennungstechnologien erkennen.
    - Auch gefälschte Unterschriften lassen sich durch das Einscannen der Originale in eine Datenbank leichter erkennen.
    - Robo-Advising wird inzwischen auch von Banken und Börsenmaklern und Händlern angeboten. Auf der Grundlage des Risikoprofils eines Anlegers kann ein Robo-Advisor ein geeignetes Portfolio aus einer breiten Palette von Wertpapieren zusammenstellen.
  + Industrielle Fertigung
    - Die korrekte Montage von über 3000 Flugzeugteilen kann heute durch Expertensysteme sichergestellt werden.
    - Über KI-Techniken können all die vielen verschiedenen Möglichkeiten bewertet werden, die sich bei der Entwicklung neuer Produkte ergeben. Sie können daher als Hilfsmittel für den kreativen Gestaltungsprozess eingesetzt werden.
  + Bildung
    - Die Personalisierung des Online-Unterrichts ermöglicht eine wichtige Qualitätsverbesserung in der Bildungsbranche. Die Qualität kann aber auch verbessert werden, wenn bei einer großen Anzahl von Studierenden keine Personalisierung möglich ist, wie z. B. bei riesigen offenen Online-Kursen *(Massive Open Online Courses, MOOCs)*.
    - Die schnelle Bewertung von Testergebnissen kann durch KI-Technologien verbessert werden. Dies gilt sowohl für quantitative (Notenvergabe) als auch für qualitative Bewertungen (verbale Beurteilungen).
  + Einzelhandel
* Websites verfolgen die sich ändernden Interessen anhand der Anzahl der Website-Besuche und der getätigten Käufe.
* Soweit die Besucher der Website identifiziert werden, können über künstliche Intelligenz persönliche Kaufvorhersagen getroffen werden.
* Chatbots der Zukunft erkennen Anrufer über die Spracherkennung und zeigen Geduld, gute Laune, gute Manieren und sogar Freundlichkeit. In diesem Sinne geht es bei Chatbots um Kundenbindung und Kundenservice.
* Früher erfolgte die Marktsegmentierung auf der Grundlage geografischer Regionen, wie Bundesland, Provinz oder Landkreis. Dies ist nun für jede einzelne Straße möglich.

Die Möglichkeiten sind endlos und sehr persönlich. Ihr Staubsauger hat den Grundriss Ihres Wohnzimmers gelernt, ohne eine Ecke auszulassen, und minimiert so die zurückgelegte Strecke. Ihr persönlicher Sofort-Dolmetscher hilft Ihnen bei Ihrem nächsten Auslandsurlaub, mit den Einheimischen zu kommunizieren.

Die oben genannten Beispiele zeigen ein paar der Möglichkeiten auf, in denen künstliche Intelligenz wahrscheinlich eine wichtige Rolle spielen wird. Die folgende Fallstudie veranschaulicht, wie diese Technologie Unternehmen bei ihren Herausforderungen unterstützen kann.

Unternehmens-Fallstudie

Der Fall betrifft die Mizuho-Bank in Japan, die ihren Hauptsitz in Tokio hat und über 500 Filialen unterhält. Das Thema war die Interaktion mit dem Kunden, die im Bankensektor vielfältig und komplex ist. Es ist nicht wie in einem Lager, wo lediglich eine Inventarliste anzusehen ist und Kundenfragen mit „Ja, wir haben dieses Teil, und der Preis ist...“ beantwortet werden müssen. Bei Bankfragen geht es oft um internationale Überweisungen, örtliche Vorschriften, Steuerfragen, Betrug, Anlageberatung und Zinssätze.

Das Ziel von Mizuho war es, Kundengespräche in Echtzeit mit Hilfe eines Algorithmus zur Verarbeitung natürlicher Sprache (*Natural Language Processing*, NLP) zu analysieren, damit die Mitarbeiter im Kundendienst die besten Informationen auf ihrem Computerbildschirm zur Verfügung haben und in der Lage sind, gute Antworten in Echtzeit zu geben. Dieser Fall veranschaulicht, wie die Technologie der künstlichen Intelligenz als Hilfsmittel für den Menschen bei der Arbeit eingesetzt werden kann.

Ziel der Bank war es, die Leistung der Mitarbeiter bei der Beantwortung von Kundenanrufen zu verbessern, insbesondere die der neuen Mitarbeiter mit geringerer praktischer Erfahrung. Zu den Methoden der Bank gehörten die „Cloud“, das Internet, NPL-Algorithmen, Statistiken und kontinuierliches Lernen, weil der Algorithmus Telefongespräche mithören und auswerten konnte. Die Ergebnisse umfassten unter anderem:

1. Besserer Kundendienst,
2. kürzere Reaktionszeit der Mitarbeiter auf Kundenfragen,
3. weniger Schulungen für Callcenter-Mitarbeiter zur Qualitätsverbesserung.

Angenommen, Kundengespräche wurden ohne die Zustimmung der Kunden aufgezeichnet. Ist dies Ihrer Meinung nach ein Verstoß gegen die Regeln der Ethik? Wenn ja, warum? Wenn nicht, warum nicht?

Zusammenfassung

In dieser Lektion haben wir drei Hauptströmungen in der KI-Forschung hervorgehoben, die das Feld zu verschiedenen Zeiten seiner Geschichte geprägt haben.

Expertensysteme versuchen, das Wissen und die Entscheidungsfähigkeit menschlicher Experten nachzuahmen. Zu diesem Zweck werden Fakten und die für sie geltenden Regeln aus einem bestimmten Fachbereich in maschinenlesbarer Form in einer Wissensbasis kodiert. Eine Inferenzmaschine arbeitet mit dieser Wissensbasis und leitet daraus neue und bisher unbekannte Fakten und Zusammenhänge ab, die zur Entscheidungsfindung oder zur Lösung von Problemen in dem betreffenden Fachbereich verwendet werden können.

Prolog war das erste Beispiel für logische Programmierung. Mit der logischen Programmierung wird versucht, Prädikatenlogik der ersten Stufe zu implementieren. Fakten, Regeln und Beziehungen werden über Prädikate und Klauseln formuliert. Die Programmierung erfolgt deklarativ durch Abfragen der Wissensbasis von Fakten und Regeln, ohne dass die Schritte, die zu einer Lösung führen, explizit angegeben werden.

Wie die künstliche Intelligenz wurde auch das wissenschaftliche Gebiet des maschinellen Lernens in den späten 1950er Jahren begründet. Beim maschinellen Lernen werden algorithmisch motivierte Techniken und Statistik-basierte Ansätze genutzt, um aus Daten zu lernen. Je nach Art der verwendeten Daten können verschiedene Arten des Lernens unterschieden werden. Während überwachtes Lernen auf Kennzeichnungen basiert, geht es beim unüberwachten Lernen eher um die Identifizierung von Strukturen und Regelmäßigkeiten in Daten. Bestärkendes Lernen basiert auf dem Konzept eines Agenten, der seine Umgebung durch Aktionen erkundet. Diese führen wiederum zu einer Belohnung, die abhängig von ihrem Nutzen für das Erreichen eines Ziels ist.



# Lektion 3

## Neurowissenschaft und Kognitionswissenschaft

#### STUDIENZIELE

Nach Abschluss dieser Lektion werden Sie gelernt haben,

... wie die Neurowissenschaft die anatomische und physiologische Zusammensetzung des Gehirns beschreibt.

... wie die Kognitionswissenschaft verschiedene wissenschaftliche Disziplinen bei der Suche nach Modellen für kognitive Prozesse vereint.

... welche wichtigen Beziehungen und Verbindungen es zwischen Neurowissenschaft, Kognitionswissenschaft und künstlicher Intelligenz gibt, und welche Auswirkungen sie auf die menschliche und maschinelle Intelligenz haben.

DL-E-DLMAIAI01-U

03

1. Neurowissenschaft und Kognitionswissenschaft

### Einführung

Das Ziel der künstlichen Intelligenz (KI) kann als die mechanische Reproduktion intelligenten Verhaltens beschrieben werden. Dies stellt natürlich eine enorme wissenschaftliche und technische Herausforderung dar. Es sollte daher nicht überraschen, dass sich Forscher:innen und Techniker:innen in der Geschichte der künstlichen Intelligenz immer wieder von der Erforschung natürlicher Systeme mit den Eigenschaften und Merkmalen inspirieren ließen, welche die künstliche Intelligenz nachzuahmen versucht. Die einzigen bekannten funktionierenden Beispiele für solche Systeme sind die Gehirne von Tieren und die damit verbundenen kognitiven Funktionen und Fähigkeiten. In dieser Lektion wollen wir uns daher mit den Grundzügen der Neurowissenschaft und der Kognitionswissenschaft vertraut machen. Diese Disziplinen befassen sich mit dem Studium des menschlichen und tierischen Nervensystems bzw. mit dem umfassenderen wissenschaftlichen Bestreben, kognitive Funktionen zu modellieren und zu verstehen.

### Neurowissenschaft und das menschliche Gehirn

Nervensystem Die Gesamtheit aller Zellen im Körper, die der Weiterleitung und Verarbeitung von Sinnes- und Steuersignalen dienen, wird als Nervensystem bezeichnet.

Als wissenschaftliche Disziplin versucht die Neurowissenschaft, die relevanten anatomischen Strukturen, die Nervensysteme bilden, und ihre Funktionen zu ermitteln. Sie gehört damit zur Biologie und umfasst Anatomie, Physiologie, Zytologie, Chemie und die Entwicklungswissenschaft. Im Folgenden wird vor allem auf das menschliche Gehirn eingegangen, da es nach heutigem Kenntnisstand das komplexeste und leistungsfähigste Gehirn darstellt.

###### Anatomie und Physiologie des Gehirns

Anatomisch gesehen ist das Gehirn eine Ansammlung von Weichteilgewebe, das bei Erwachsenen zwischen 1,2 und 1,4 kg wiegt, wobei es von Mensch zu Mensch starke Abweichungen gibt. Es gibt jedoch keine Anhaltspunkte dafür, dass die Größe des Gehirns mit der geistigen Leistungsfähigkeit zusammenhängt. Die äußere Schicht des Gehirns ist eine stark gewundene Struktur mit einer großen Oberfläche im Verhältnis zum eingenommenen Schädelvolumen. Grob gesagt besteht es aus dem Großhirn, dem Kleinhirn und dem Hirnstamm. Der Hirnstamm fungiert als Schnittstelle oder Relaisstation zwischen dem Gehirn und dem Rückenmark, das sich wiederum in das periphere Nervensystem verzweigt. Er steuert viele grundlegende und lebenswichtige Körpererhaltungsfunktionen wie die Regulierung der Herzfrequenz, die Atmung, die Regulierung der Körpertemperatur und den Wach-Schlaf-Zyklus. Das Kleinhirn ist eine an den Hirnstamm angrenzende Struktur unterhalb des Großhirns. Seine Hauptfunktion ist die motorische Kontrolle, z. B. die Steuerung von Bewegungen, die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts und der Körperhaltung. Der größte Teil des Gehirns besteht aus dem Großhirn. Alle höheren Funktionen, wie z. B. die Interpretation von Sinneseindrücken, Emotionen und logisches Denken sowie das Sprachverständnis, sind hier angesiedelt.

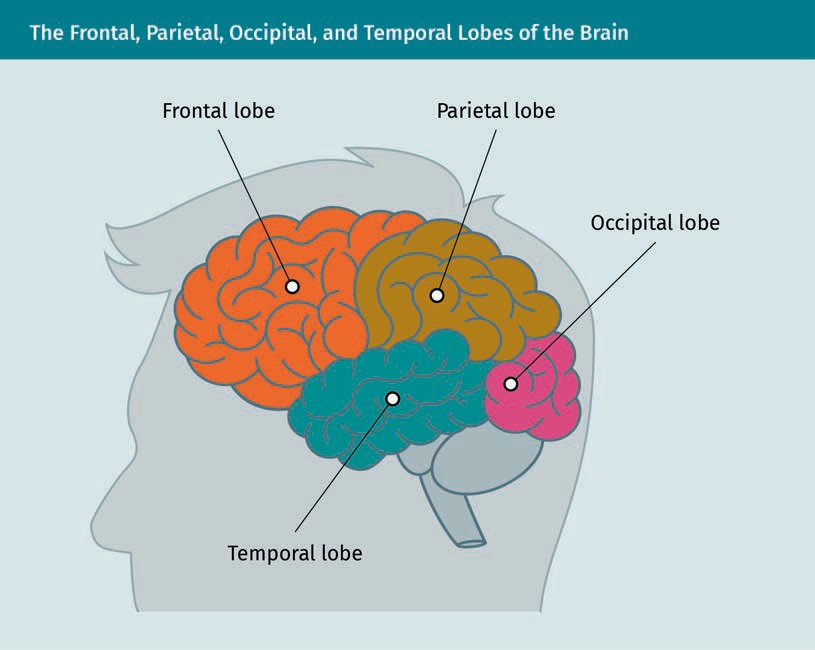
Von oben betrachtet ist das Großhirn in zwei Hälften, die Hemisphären, aufgeteilt. Eine anatomische Struktur namens Corpus callosum (Hirnbalken) stellt die Verbindung zwischen diesen Hälften her und ermöglicht den Austausch von Signalen und die Kommunikation zwischen den beiden Gehirnhälften. Die rechte Hemisphäre kontrolliert die linke Seite des Körpers und die linke Hemisphäre die rechte Seite des Körpers.

Daraus folgt, dass die Gehirnhälften im Allgemeinen in Bezug auf ihre Funktion sehr symmetrisch sind. Im Gegensatz dazu finden sich in der Populärpsychologie häufig pauschale Behauptungen über die funktionelle Spezialisierung, auch Lateralisierung genannt, von kognitiven Funktionen auf hoher Ebene. Beispielsweise wird häufig behauptet, dass das logische und analytische Denken in der linken Hemisphäre und die Kreativität in der rechten Hemisphäre angesiedelt sei. Solche Behauptungen sind unzutreffend und irreführend, da sich die meisten zuverlässigen Belege für eine tatsächliche Lateralisierung auf niedrigere Wahrnehmungsfunktionen beziehen. Ein bemerkenswertes Beispiel für eine Hemisphären-Asymmetrie sind die Broca- und Wernicke-Areale, die eine wichtige Rolle bei der Sprachverarbeitung spielen. Diese Hirnregionen befinden sich in der Regel in der Hemisphäre, die der dominanten Hand gegenüberliegt, d. h. in der Hirnhemisphäre, welche die dominante Seite des Körpers steuert.

Abgesehen von der Hemisphärenstruktur kann das Gehirn in vier Hauptlappen unterteilt werden, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Diese Einteilung basiert anatomisch auf den am deutlichsten ausgeprägten Strukturen der Hirnoberfläche. Trotz der Tatsache, dass die überwiegende Mehrheit der beobachtbaren Hirnfunktionen auf dem komplexen Zusammenspiel vieler Bestandteile des Gehirns beruht, wird diesen Lappen richtigerweise eine gewisse funktionelle Spezialisierung zugeschrieben.

Lateralisierung

Dies bezieht sich auf die funktionelle Differenzierung in der zentralen Körperebene, d. h. die Links-Rechts-Differenzierung.



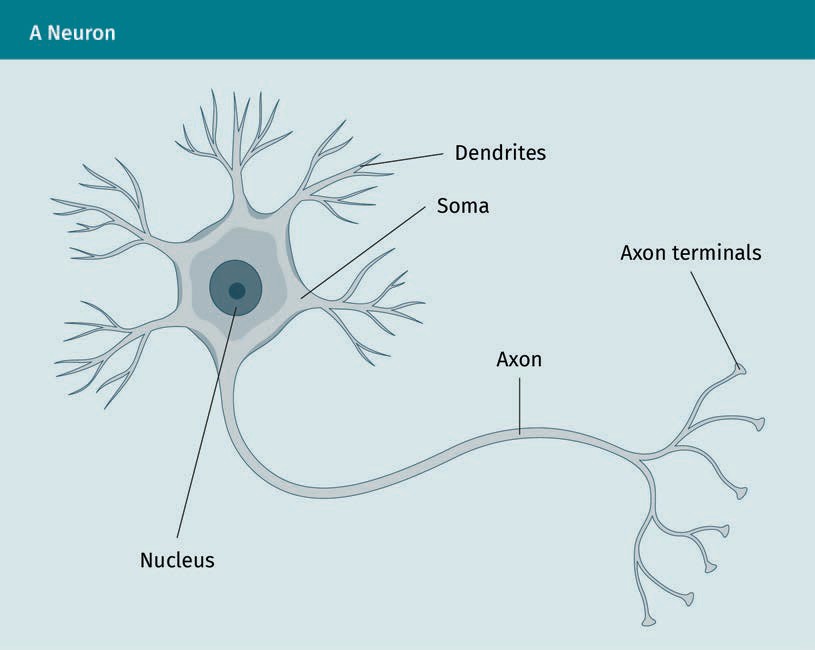
Der Frontallappen ist für viele kognitive Fähigkeiten verantwortlich, die gemeinhin als höhere geistige Fähigkeiten bezeichnet werden, z. B. Urteilsvermögen, Planung, Problemlösung, Intelligenz und Selbsterkenntnis. Er ist auch an komplexen motorischen Steuerungsaufgaben und an der Sprache beteiligt.

Die Aufgabe des Scheitel- oder Parietallappens hingegen ist hauptsächlich die Interpretation von Sinneseindrücken. Als solches formt er unsere räumlich-visuelle Wahrnehmung und interpretiert Seh-, Hör- und Tastsignale.

Der Schläfen- oder Temporallappen ist am Sprachverständnis, an der Gedächtnisbildung sowie an der Ablaufsteuerung und Organisation beteiligt. Er ist auch an komplexen Sehaufgaben beteiligt, z. B. an der Erkennung von Objekten und Gesichtern.

Die Rolle des Hinterhaupt- oder Okzipitallappens liegt in den frühen Phasen der Verarbeitung und Interpretation visueller Signale.

Auf zellulärer Ebene besteht das menschliche Gehirn im Durchschnitt aus etwa 86 Milliarden (0,86 · 1011) miteinander verbundenen Nervenzellen, den so genannten Neuronen, die für die Informationsverarbeitung zuständig sind, sowie etwa zehnmal so vielen Gliazellen, die für den Schutz, die Ernährung und die strukturelle Unterstützung der Neuronen verantwortlich sind.



Die obige Abbildung zeigt schematisch eine menschliche Nervenzelle (Neuron). Der Zellkörper wird als Soma bezeichnet. Signale von anderen Neuronen erreichen das Soma über verzweigte Strukturen, die Dendriten genannt werden. Das Soma verarbeitet dann die eingehenden Informationen und erzeugt eine entsprechende Ausgabe, die über das Axon weitergeleitet wird. Die Länge des Axons kann das 10- bis 1000-fache des Soma-Durchmessers betragen. An seinem Ende verzweigt es sich in Axonterminale (Endungen), welche die Kontaktpunkte für die Dendriten von im Signalfluss nachfolgenden Neuronen darstellen.

Der Unterschied zwischen Soma und Axonen zeigt sich in der mit bloßem Auge sichtbaren Unterscheidung zwischen grauer und weißer Substanz im Querschnitt des Gehirns. Die graue Substanz wird von den Zellkörpern gebildet, während die weiße Substanz aus den Axonen besteht.

###### Zusammenfassung der Gehirnfunktionen

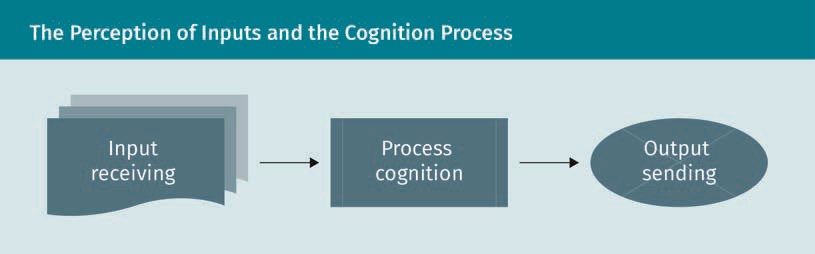
Das menschliche Gehirn steuert alle unsere Körperfunktionen 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche. Ein zusammenhängendes Netzwerk von Neuronen steuert das Funktionieren der grundlegenden Routinefunktionen unseres Körpers, wie Atmung, Blutdruck und Mobilität. Die Kommunikation zwischen dem Gehirn und dem Körper findet entlang der Wirbelsäule statt.

Das Gehirn ist für die Verarbeitung von Sinneseindrücken wie den folgenden zuständig:

1. Sehen
2. Gehör
3. Geschmack
4. Geruch
5. Tastsinn
6. Temperaturempfinden
7. Schmerzempfinden
8. Gleichgewichtssinn
9. Körperwahrnehmung

Noch wichtiger für das Thema dieses Kurses ist, dass das Gehirn für die Motivation verantwortlich ist, also für die Förderung von Verhaltensweisen, die für den Organismus als vorteilhaft angesehen werden. Dazu gehören Aufmerksamkeit, Lernen, Gedächtnis, Planung, Problemlösung, Sprachverständnis und die Fähigkeit, komplexe Ideen zu entwickeln.

Wir sollten uns daran erinnern, dass das Gehirn Sinneseindrücke (Eingaben) aufnimmt, sie auf der Grundlage von bereits Bekanntem verarbeitet und schließlich eine Art von Handlung auslöst. Die meisten menschlichen Gehirne erkennen zum Beispiel die Wirkung der Berührung eines heißen Tellers und reagieren entsprechend.



### Kognitionswissenschaft

Kognition  
Dies ist der geistige Prozess der Gewinnung von Wissen und Verständnis als Ergebnis von Denken, Erfahrung und der Sinneswahrnehmung.

Während sich die Neurowissenschaft als Disziplin auf die Erforschung der Anatomie und Physiologie des Nervensystems konzentriert, ist die Kognitionswissenschaft weiter gefasst: Sie untersucht die Kognition und die kognitiven Prozesse als solche, wobei sie von den biologischen Gegebenheiten abstrahiert und den entsprechenden funktionalen Zusammenhängen auf den Grund geht. Die typischen kognitiven Prozesse, die in der Kognitionswissenschaft untersucht werden, sind folgende:

* Verhalten
* Intelligenz
* Sprache
* Gedächtnis
* Wahrnehmung
* Emotionen
* Argumentation
* Lernen
* Evolutionäre und entwicklungsbezogene Aspekte kognitiver Prozesse.

###### Ansätze, Geschichte und Methoden

Passend zu ihrem Anspruch, den Geist umfassend zu studieren, ist das entscheidende Merkmal der Kognitionswissenschaft als Fachgebiet ihr interdisziplinärer Ansatz. Sie stützt sich auf Wissen aus einer Vielzahl anderer Disziplinen:

* Philosophie
* Psychologie
* Neurowissenschaften
* Linguistik
* Anthropologie
* künstliche Intelligenz.

Seit den Urzeiten waren die Menschen fasziniert davon, über die Ursprünge und die Funktionsweise des Geistes nachzudenken. Wie die künstliche Intelligenz lässt sich auch die Geistesgeschichte der Kognitionswissenschaft bis zu den Anfängen der Philosophie in der Antike zurückverfolgen. Die aktuellen Ansätze und Methoden der Kognitionswissenschaft stammen jedoch aus dem zwanzigsten Jahrhundert.

Die treibenden Kräfte dieser Zeit waren George Millers Studien über mentale Repräsentationen und die Grenzen des Kurzzeitgedächtnisses, Noam Chomskys Arbeiten über formale Grammatiken und seine vernichtende Kritik am psychologischen Paradigma des radikalen Behaviorismus sowie die frühen Bemühungen um künstliche Intelligenz. Doch erst 1975 wurde der Begriff „Kognitionswissenschaft“ geprägt und begann, als gemeinsamer Nenner mit anderen Wissenschaftsbereichen verwendet zu werden.

Die wissenschaftlichen Teildisziplinen der Kognitionswissenschaft sind so vielfältig wie ihre methodischen Ansätze. Empirische Daten bei der Untersuchung kognitiver Prozesse werden in der Regel aus typischen experimentellen Methoden abgeleitet, die in den verschiedenen mit der Erforschung des Geistes befassten Disziplinen genutzt werden. Den meisten empirischen Erkenntnissen liegen die folgenden drei Hauptansätze zugrunde.

1. Untersuchung des Gehirns mit bildgebenden Verfahren: Dabei handelt es sich um ein in der Medizin und den Neurowissenschaften häufig verwendetes Verfahren, das die Verfolgung der neuronalen Aktivität ermöglicht, während das Gehirn komplexe geistige Aufgaben ausführt.
2. Verhaltensexperimente: In der Psychologie werden häufig Verhaltensexperimente durchgeführt, die Rückschlüsse auf die Verarbeitung von Reizen zulassen.
3. Simulation durch rechnergestützte Modellierung: Mit dieser Technik können wir theoretische Vorstellungen über die funktionalen Prozesse bei geistigen Aktivitäten überprüfen, indem wir die simulierten Ergebnisse mit realen Verhaltensdaten vergleichen.

###### Schlüsselkonzepte, Einflüsse und Kritik

Die mentale Repräsentationstheorie ist das vorherrschende Paradigma, das den Großteil der Arbeiten in der Kognitionswissenschaft vereint. Dieser Theorie zufolge wird Kognition durch die Anwendung von Rechenverfahren auf mentale Konstrukte erreicht, die mit Datenstrukturen in der Informatik verglichen werden können. Diese mentalen Objekte oder Datenstrukturen können konkrete Objekte im Sinne physischer Entitäten oder Abstraktionen darstellen, die ausschließlich dem mentalen Bereich zuzuordnen sind, wie Bilder, Konzepte, logische Sätze oder Analogien. Die Rechenverfahren sind entsprechend vielfältig und umfassen unter anderem Deduktion, Suche und Abgleich.

Die Kognitionswissenschaft als Forschungsgebiet umfasst auch Beiträge aus zahlreichen anderen Fachdisziplinen. Durch ihren systemischen Ansatz beeinflusst sie auch das Verständnis in vielen verwandten Fachbereichen. Damit hat sie wichtige Beiträge zur Verhaltensökonomie sowie zur Untersuchung kognitiver Verzerrungen und der Risikobeurteilung geleistet. (Die Verhaltensökonomie ist ein neuerer Zweig der Wirtschaftswissenschaften, der untersucht, wie sich Menschen bei wirtschaftlichen Entscheidungen tatsächlich verhalten, anstatt von vollkommen rationalen Akteuren auszugehen.) Einige ihrer bemerkenswertesten Beiträge beziehen sich jedoch auf die Linguistik, die Sprachphilosophie und das Verständnis der funktionellen Aufgaben und des Zusammenspiels der Gehirnstrukturen.

Trotz ihrer beachtlichen Erfolge sind die konventionellen Ansätze der Kognitionswissenschaft auch in die Kritik geraten. So hat sich die Kognitionswissenschaft erst kürzlich mit der Rolle der Emotionen im menschlichen Denken und dem Problem des Bewusstseins befasst.

Kognitive Verzerrung  
Eine voreingenommene Bewertung oder Beurteilung, die der objektiven Betrachtung einer bestimmten Situation im Wege steht. Der Begriff bezeichnet eine oft systematische, also wiederholt auftretende, Abweichung von der Rationalität.

Darüber hinaus hat sie aufgrund ihrer Konzentration auf den individuellen Verstand dazu tendiert, wichtige Aspekte der Kognition zu vernachlässigen, wie z. B. ihre soziale Dimension und Fragen, die mit der Verkörperung und den Auswirkungen der physischen Umgebung zu tun haben.

### Zusammenhänge zwischen Neurowissenschaft, Kognitionswissenschaft und künstlicher Intelligenz

In den vorangegangenen Abschnitten wurde ein Überblick über die Neuro- und Kognitionswissenschaften gegeben. Zusammen mit dem Thema künstliche Intelligenz regt dies zum Nachdenken darüber an, wie sich diese Bereiche zueinander verhalten.

###### Biologische neuronale Netze und der Verstand

Während in der griechischen Antike noch die Frage diskutiert wurde, ob das Gehirn der Sitz des Verstands oder nur ein Organ zur Kühlung des Blutes ist, wissen wir heute, dass die erste Hypothese richtig ist. Es gibt nicht nur eine Fülle von dokumentierten Fällen, in denen bestimmte unfall- oder krankheitsbedingte Hirnläsionen zu bestimmten funktionellen Beeinträchtigungen führten, sondern wir wissen auch, dass messbare neurologische Schäden zu deutlichen Veränderungen dessen führen, was wir umgangssprachlich als Charakter eines Menschen bezeichnen würden. Ohne ganz oder zumindest teilweise auf metaphysische Erklärungen für den Ursprung des Geistes zurückgreifen zu müssen, haben wir heute zu akzeptieren, dass das Gehirn die physische Grundlage für mentale Zustände ist. Das bedeutet aber nicht, dass wir jeden Aspekt des Geistes oder der Kognition ohne weiteres mit den zugrunde liegenden neurologischen Prozessen erklären können. Wäre dies der Fall, so wäre der oben beschriebene weite Bereich der Kognitionswissenschaft überflüssig.

Um die Arbeit von Siegel (2012) zu paraphrasieren, kann der menschliche Geist als der menschliche Intellekt beschrieben werden. Dieser ist ein sich entwickelnder und selbstorganisierender relationaler Prozess, der in der menschlichen Persönlichkeit verkörpert wird. Er ist außerdem eine Einrichtung zur Regulierung des Energie- und Informationsflusses, der komplex, offen und nicht linear ist und gleichzeitig innerhalb und außerhalb des Körpers stattfindet. Um diese Definition zu verdeutlichen, werden die folgenden Schlüsselbegriffe definiert:

Intellekt

der Begriff „Intellekt“ bezieht sich auf die Gesamtheit der geistigen und körperlichen Fähigkeiten, mit denen ein Mensch ausgestattet ist und die von Person zu Person sehr unterschiedlich sein können*.*

Selbstorganisierend

„Selbstorganisierend“ bezieht sich auf einen Prozess der spontanen Ordnung, der sich aus lokalen Interaktionen ergibt. So gelten beispielsweise Wolken am Himmel als selbstorganisierend, da sie sich mit dem Wind von warmer zu kalter Luft bewegen, Feuchtigkeit speichern und wieder abgeben und für eine bestimmte Zeit in einer bestimmten Höhe verbleiben.

Entwickeln

„Entwickeln“ bedeutet „sich herausbilden“. Um bei unserem vorherigen Beispiel zu bleiben: Die Ursache für die Herausbildung von Wolken am Himmel ist oft eine Wärmequelle am Boden, wahrscheinlich ein gepflügtes Feld mit dunklem Boden, der die Wärme der Sonne absorbiert. Die daraus resultierende warme Luftsäule, die in den Himmel steigt, bildet eine Wolke.

Relationale Prozesse

„Relationale Prozesse*“* bedeutet, dass es eine maßgebliche Beziehung zwischen der menschlichen Persönlichkeit und äußeren Objekten und Prozessen gibt, nicht zuletzt dem Geist anderer Menschen.

Im Folgenden sind einige Beispiele für bestimmte menschliche Fähigkeiten aufgeführt, die durch den menschlichen Geist bzw. Verstand repräsentiert werden:

* + Gewissen: Dies ist der menschliche Intellekt, den Unterschied zwischen richtig und falsch auf der Grundlage des Wertesystems eines Menschen zu beurteilen.
  + Selbsterkenntnis: Das ist die bewusste Wahrnehmung des Seins und der Selbstbeobachtung.
  + Urteilsvermögen: Dies ist die Fähigkeit, Hinweise und andere Wissensquellen zu berücksichtigen, um Entscheidungen zu treffen.
  + Sprachvermögen: Dies ist die Fähigkeit, Sprachen zu verwenden, um Ideen auszudrücken.
  + Vorstellungskraft: Das ist die Fähigkeit, Möglichkeiten zu sehen, die über das hinausgehen, was unmittelbar wahrgenommen wird.
  + Gedächtnis: Dies ist die Fähigkeit, kodierte und gespeicherte Informationen im Gehirn abzurufen.
  + Nachdenken: Dies ist der Intellekt, nach möglichen Gründen oder Ursachen zu suchen.

###### Neurowissenschaft, Kognitionswissenschaft und künstliche neuronale Netze

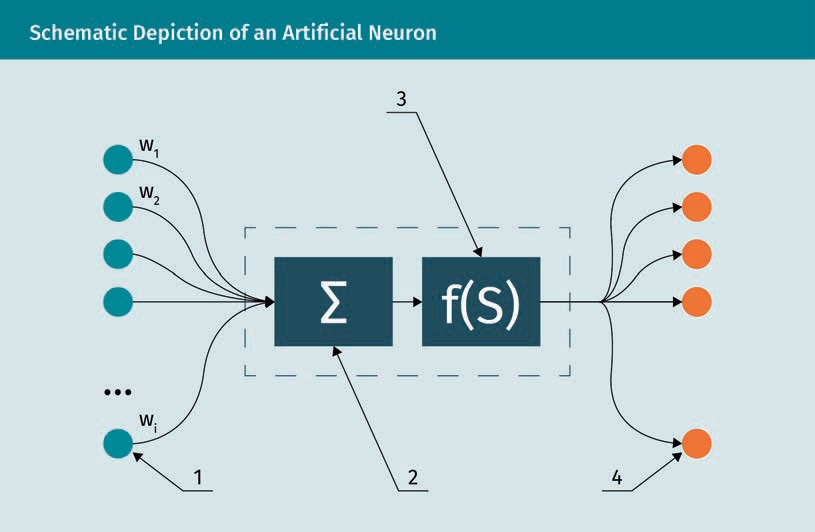
Die Beziehung zwischen unserem Gehirn und den zahlreichen Erscheinungsformen geistiger Aktivitäten muss noch weiter erforscht werden, was auch für die Beziehung zwischen neuronalen Prozessen und ihrer Darstellung in Form von Computermodellen gilt.

Seit den Anfängen der Informationstechnologie und des Computerzeitalters sind Forscher:innen von der Aussicht fasziniert, geistige Fähigkeiten in Computermaschinen nachzubilden. Dieser Prozess war immer ein gegenseitiger Austausch. Einerseits haben sich Informatiker:innen und insbesondere Forscher:innen im Bereich der künstlichen Intelligenz von philosophischen, psychologischen und neurologischen Modellen kognitiver Fähigkeiten inspirieren lassen. Andererseits haben Forscher:innen, die sich mit kognitiven Prozessen befassen, Computermodelle entwickelt und eingesetzt, um Einblicke in sonst schwer zu prüfende Vorstellungen über die Funktionsweise des Geistes oder die neuronalen Schaltkreise in Organismen zu gewinnen.

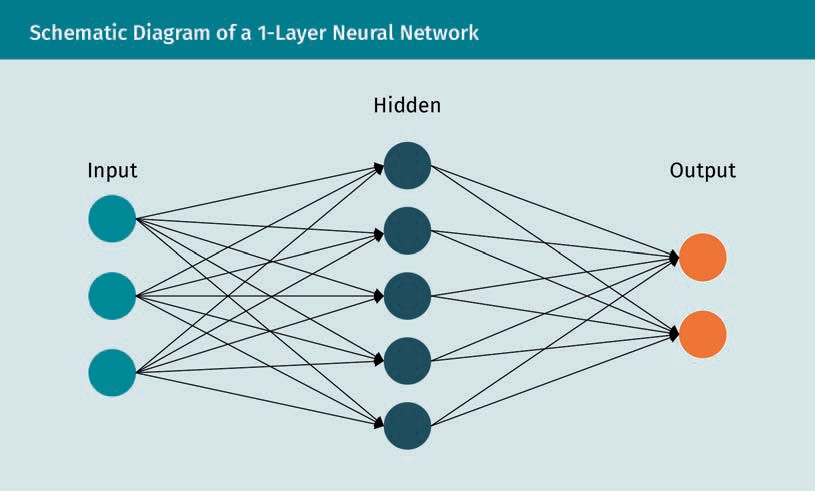
Eines der bekanntesten Ergebnisse dieser Forschungstätigkeit ist das von Warren McCulloch und Walter Pitts in den 1940er Jahren entwickelte Computermodell der neuronalen Aktivität, das in Varianten auch heute noch in konnektionistischen maschinellen Lernmodellen verwendet wird. Nach solchen Modellen lässt sich die Funktion eines Neurons folgendermaßen charakterisieren: Die Zelle erhält eine Eingangsstimulation (Input) in Form von elektrochemischen Signalen von anderen Neuronen, die in der Informationsverarbeitung vorgelagert sind. Es moduliert dann den Input je nachdem, wie oft zwei Nervenzellen zusammen aktiviert werden. Je öfter dies geschieht, desto höher wird die Verbindung zwischen den Neuronen gewichtet.

Wenn die Gesamterregung einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, nimmt jedes Neuron die Summe aller seiner auf diese Weise gewichteten Eingänge und sendet einen Impuls entlang des Axons, seiner Ausgangsverbindung. Die folgende Abbildung zeigt die einzelnen Schritte dieses Funktionsmechanismus:

* + 1. Die Signale werden über Eingangsverbindungen empfangen, welche die Verbindungsstärke über Gewichtungsparameter wn modellieren.
    2. Die gewichteten Eingaben werden aufsummiert.
    3. Die resultierende Summe S wird dann an die Aktivierungsfunktion f(S)übergeben.
    4. Schließlich wird der Wert der Aktivierungsfunktion auf die Ausgangsverbindungen verteilt.



Die Informationsverarbeitung und das Lernen von Eingabe-Ausgabe-Verbindungen ist in begrenztem Umfang bereits mit einer einzigen Recheneinheit möglich, die nach dem oben beschriebenen Schema arbeitet. Dennoch wird die Analogie zu biologischen neuronalen Systemen im Allgemeinen noch einen Schritt weitergeführt. Dazu werden vernetzte Strukturen aufgebaut, die in Schichten organisiert werden können.



Was den Fluss der Informationsverarbeitung durch das Netz betrifft, so finden sich in der Literatur zwei Ansätze. Es gibt reine *Feedforward*-Netze und rekurrente Netze.

Feedforward-Ansatz

In dieser Art von Netzwerken erfolgt die Verarbeitung und damit der Informationsfluss nur in eine Richtung – von einem Neuron zum nachfolgenden. Jeder Knoten im Netz empfängt Eingaben, führt die Verarbeitung auf der Grundlage seiner zugehörigen Gewichtungen und Übertragungsfunktion durch und gibt das Signal ohne Schleife an die verbundenen Neuronen in der nächsten Schicht weiter. In der Regel werden drei Arten von Schichten unterschieden: (1) die Eingabeschicht, (2) eine oder mehrere versteckte Schichten und (3) die Ausgabeschicht, welche die Reaktion des Netzes kodiert.

Rekurrenz-Ansatz

In rekurrenten Netzen folgt der Informationsfluss einem gerichteten Graphen, wobei die Abfolge der Knoten entlang des Graphen die zeitliche Abfolge der vom Netz durchgeführten Verarbeitungsschritte kodiert. Dieser zeitliche Aspekt und das daraus resultierende dynamische Verhalten des Netzes machen diese Netzklasse besonders geeignet für Anwendungen mit einer zeitlichen Komponente, wie die Verarbeitung einer Zeitreihe, Sprach- oder Handschrifterkennung. Solche Netze enthalten in der Regel auch Speichereinheiten, die Informationen über frühere Zustände des Netzes oder seiner Bestandteile speichern können.

Es liegt auf der Hand, dass die oben genannten Ansätze zur Schaffung von Lernsystemen von Theorien der neuronalen Informationsverarbeitung inspiriert wurden. Allerdings wird diese Beziehung in manchen Quellen wie Zeitschriften- und Nachrichtenartikeln oft überbetont und manchmal sogar über ein sachlich gerechtfertigtes Maß hinaus aufgebauscht. Es ist zu bedenken, dass diese künstlichen neuronalen Netze stark vereinfachte Modelle der neuronalen Aktivität implementieren, die viele der komplexen Zusammenhänge der biologischen neuronalen Aktivität ausblenden. Deep Learning, das vor­herrschende Paradigma der neuronal inspirierten Modelle des maschinellen Lernens, betont glücklicherweise in seinem Namen die konkrete Eigenschaft der zugehörigen Netzmodelle, nämlich die Tiefe der Schichtung gegenüber vagen Anspielungen auf die Funktionsweise biologischer neuronaler Netze.

###### Das menschliche Gehirn, seine künstlichen Repräsentationen und Computerhardware

Auch ohne Bezug auf Berechnungsweisen, die sich ausdrücklich an der neuronalen Architektur unseres Gehirns orientieren, finden sich im populärwissenschaftlichen Diskurs häufig Vergleiche zwischen der Komplexität heutiger Rechenmaschinen und dem Gehirn. Zu diesem Zweck haben die komplexen mobilen Chips von heute Transistorzahlen in der Größenordnung von 1010. So kommt die Anzahl der Transistoren in einer modernen Computer-Zentraleinheit (CPU) bereits der Anzahl der Neuronen im menschlichen Gehirn nahe.

Da ein Transistor die primitivste denkbare Schalteinheit ist und die Darstellung der Funktion eines einzelnen Neurons eine beträchtliche Anzahl von Transistoren erfordert, bietet die Gegenüberstellung der Anzahl der Einheiten in den größten heute existierenden künstlichen neuronalen Netzmodellen und den biologischen Gegenstücken einen interessanten Vergleich. Die größten künstlichen neuronalen Netze verfügen über etwa 106 bis 107 Einheiten. Seit den 1980er Jahren hat sich diese Zahl also etwa alle 2,4 Jahre verdoppelt. Zum Vergleich: Die Anzahl der Neuronen beim Menschen beträgt etwa 1011, bei Bienen etwa 106 und bei Fröschen 108.

Es ist jedoch anzumerken, dass es nicht sehr aussagekräftig ist, die allgemeine menschliche Intelligenz auf eine Zahl zu reduzieren und sie mit einer repräsentativen Zahl für die maschinelle Intelligenz zu vergleichen. Auch der Vergleich der Anzahl der Neuronen im menschlichen Gehirn mit der Anzahl der Transistoren in einer CPU oder der Anzahl der Einheiten in Netzwerkmodellen führt zu keinen tiefgreifenden Schlussfolgerungen über den Stand der künstlichen Intelligenz. Solche Vergleiche bieten lediglich eine interessante Metrik.

###### Menschliche und maschinelle Intelligenz

Betrachtet man die Geschichte und den aktuellen Stand der künstlichen Intelligenz, so konzentriert sich der Großteil der Forschung und Entwicklung weiterhin auf die Entwicklung von Systemen, die versuchen, bestimmte Aufgaben zu lösen. Dazu gehören z. B. bestimmte Strategiespiele, die Identifikation von Objekten in Bildern oder Videos, die Steuerung bestimmter Arten von Robotern für gewünschte Aufgaben oder auch die Übersetzung von geschriebenem Text.

Dennoch gibt es seit den Anfängen der Forschung über künstliche Intelligenz eine starke Strömung zur Konstruktion eines Systems, das der menschlichen geistigen Kapazität in ihrer ganzen Vielfalt entspricht oder sie sogar übertrifft. Die Problemlösung mit bestehenden Modellen künstlicher Intelligenz und mit den Fähigkeiten des menschlichen Geistes lassen viele auffällige Unterschiede erkennen. Im Folgenden wollen wir drei dieser Unterschiede untersuchen.

Effizienz beim Lernen

Zwar gibt es derzeit aufgabenspezifische KI-Modelle, welche die menschlichen Fähigkeiten in einem bestimmten Anwendungsbereich deutlich übertreffen, doch erreichen sie diese überlegene Leistung in der Regel durch die Verarbeitung von weitaus mehr Trainingsdaten, als der Mensch jemals nutzen kann. Nehmen wir als Beispiel AlphaZero von DeepMind. Einige Versionen dieses künstlichen Intelligenzsystems haben gelernt, die Spiele Go, Schach und Shogi auf einem übermenschlichen Niveau zu spielen, indem ihnen einfach die Spielregeln gegeben wurden und sie ausgiebig Gelegenheit zum Spielen gegen sich selbst hatten.

Während des Lernprozesses haben diese Systeme Millionen von Partien gegen sich selbst gespielt, um ihre endgültige Spielstärke zu erreichen – viel mehr als selbst die besten menschlichen Spieler in ihrer gesamten Karriere spielen können. Anders ausgedrückt: Das menschliche Gehirn scheint mit viel weniger Daten eine fast ebenso hohe Leistung zu erzielen.

Verallgemeinerung und Transfer

Die allgemeine Architektur des im vorigen Beispiel erwähnten Systems für künstliche Intelligenz war immer gleich. Unabhängig davon, ob es sich um Go, Schach oder Shogi handelte, war das System jedoch nur in der Lage, genau das Spiel zu spielen, für das es trainiert worden war. Es gibt jedoch zahlreiche menschliche Spieler, die in mehr als einem dieser Spiele ein Expertenniveau erreicht haben, und oft berichten sie über interessante Querverbindungen und Inspirationen in ihrem strategischen Denken von einem Spiel zum anderen.

Vorstellungskraft

Um bei diesem Beispiel zu bleiben, haben menschliche Meisterspieler festgestellt, dass die künstliche Intelligenz gelegentlich Spielzüge macht, die zielgerichtet, aber völlig neuartig und für menschliche Experten sehr überraschend sind. Auch wenn sich dies als eine Art Kreativität bezeichnen lässt, so gehört Einfallsreichtum jedoch im Großen und Ganzen bisher nicht zu den Stärken von KI-Systemen.

Es überrascht nicht, dass diese und viele andere Unzulänglichkeiten von KI-Systemen in Bezug auf das gesamte Spektrum menschlicher Fähigkeiten die Forscher:innen dazu veranlasst haben, die Lücken schließen zu wollen. Einige bemerkenswerte Versuche sind im Folgenden zusammengefasst.

Transfer-Lernen

Der Kerngedanke des Transfer-Lernens besteht darin, ein bestehendes Modell, das für eine bestimmte Aufgabe trainiert wurde, mit geringem zusätzlichem Trainingsaufwand für eine andere, aber ähnliche Aufgabe zu nutzen. Diese Technik ist bei Deep-Learning-basierten Methoden zur Objekterkennung in Bildern oder Videos üblich. In diesem Bereich wird ein System, das für die Erkennung von Objekt „A“ trainiert wurde, für die Erkennung von Objekt „B“ umfunktioniert. Dieser Ansatz funktioniert aufgrund der besonderen Art und Weise, in der Objekte in solchen tiefen Netzwerkmodellen dargestellt werden. Das Netzwerk konstruiert hierarchische Darstellungen von Bildeigenschaften, wobei frühe Schichten sehr allgemeine Eigenschaften wie Kanten oder Ecken erkennen, die für die Erkennung vieler verschiedener Objektklassen relevant sind.

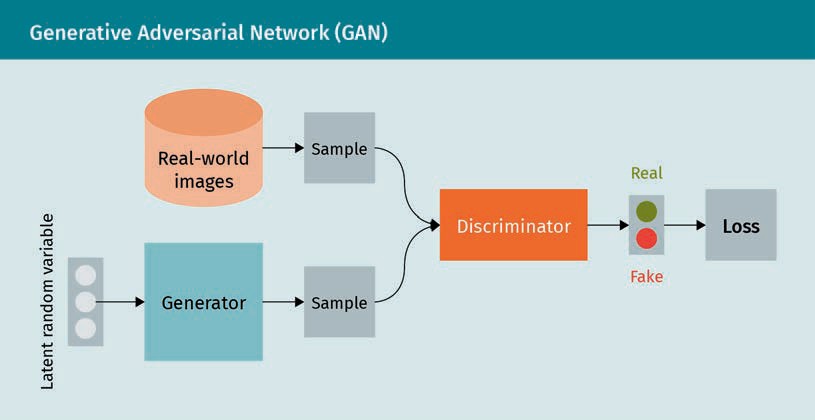
Meta-Lernen

Das Meta-Lernen geht einen Schritt zurück vom Lernen konkreter Aufgaben und befasst sich mit dem Problem, wie Lernen selbst gelernt wird. Zu diesem Zweck wird versucht, von einzelnen Lernszenarien zu abstrahieren, um erfolgreiche gemeinsame Strategien und Ansätze zu finden.

*Generative Adversarial Networks* (GAN, auf Deutsch etwa: Erzeugende gegnerische Netzwerke)

Dieser Ansatz ist ein weiterer Weg, auf dem sich die künstliche Intelligenz der menschlichen Vorstellungskraft und Kreativität zu nähern versucht. Ein GAN besteht aus zwei tiefen, mehrschichtigen neuronalen Netzen, die gegeneinander arbeiten, daher der Begriff *adversarial* für gegnerisch. Eines dieser Netze versucht, Daten aus einer bestimmten Kategorie zu generieren. Daher heißt es das Generatorennetz.

Das andere Netz wird sowohl mit künstlich erzeugten Daten als auch mit realen Daten aus derselben Kategorie gefüttert. Die Aufgabe des zweiten Netzes besteht darin, zu entscheiden, welche Daten echt sind und welche generiert wurden. Daher wird das letztgenannte Netz als Diskriminatornetz bezeichnet. Beide Netze werden dann im Gleichschritt optimiert. Dabei muss der Generator immer mehr naturgetreue Instanzen von künstlichen Daten erzeugen, um Schritt zu halten mit der zunehmenden Fähigkeit des Diskriminators, echte und erzeugte Daten zu unterscheiden. Die folgende Abbildung zeigt ein GAN in grafischer Form.



###### Superintelligenz

Die Idee der Superintelligenz baut auf der Vorstellung von künstlicher Intelligenz als menschlichem Äquivalent auf. Es ist also der Glaube, dass eine künstlich geschaffene Intelligenz die Fähigkeiten des menschlichen Geistes einmal übertreffen könnte. Auffallend ist, dass die Anhänger dieser Idee in der Regel davon ausgehen, dass das Erreichen eines solchen Intelligenzniveaus nicht von menschlichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern oder Ingenieurinnen und Ingenieuren, sondern von intelligenten Maschinen selbst erschaffen werden wird. In diesem Sinne könnte eine Maschine mit einem vielseitigen und offenen Intelligenzniveau, das dem des Menschen entspricht, ihre Fähigkeiten nutzen, um sich große Mengen an vorhandenem Wissen anzueignen (da sie keine Gedächtnis- oder Abrufbeschränkungen hat). Mit diesem Wissen und mit ihrer Problemlösungskapazität könnte sie sich schließlich selbst verbessern. Die so entstandene künstliche Intelligenz der nächsten Generation würde dann wiederum ihre überlegenen Ressourcen und Fähigkeiten zur Selbstverbesserung nutzen, um eine nachfolgende Version mit noch höherer Intelligenz zu schaffen. Auf diese Weise könnte eine rasante Entwicklung von immer intelligenteren Maschinen stattfinden, die alles menschlich Vorstellbare schnell übertreffen. Der Punkt, an dem dieses exponentielle Wachstum der maschinellen Intelligenz einsetzt, wird oft als technologische Singularität bezeichnet.

Die beiden wichtigsten Denker, die die Idee einer solchen technologischen Singularität entwickelt und populär gemacht haben, sind Vernor Vinge und Ray Kurzweil. 1993 sagte Vinge (1993) voraus, dass in den kommenden dreißig Jahren entweder durch technologische oder biologische Mittel oder eine Kombination davon eine höhere Intelligenz als die des Menschen erreicht werden würde.

Er glaubte auch, dass der Prozess einer technologischen Singularität zu einem Zeitpunkt ausgelöst wird, an dem KI-Systeme ausreichend entwickelt sind. In der Folge kommt es zu kontinuierlichen Verbesserungen, die sich selbst verstärken und somit immer schneller werden.

Kurzweil (2005) ist ein weiterer Verfechter des Konzepts der Singularität. Eines seiner jüngsten Bücher trägt den Titel *The Singularity is Near (Die Singularität ist nah) und* ist wahrscheinlich eine der besten Quellen, die Argumente für das Konzept der Singularität liefern. Schon früh in seiner Karriere erlangte Kurzweil (2005) Anerkennung als Erfinder und Futurist, indem er u. a. zu den Bereichen Digitalisierung und Spracherkennung beitrug. Kurzweil (2005, S. 25) sagt voraus, dass die Intelligenzzunahme nicht biologisch sein wird, sondern auf einem künstlich geschaffenen Substrat anstatt auf Neuronen basieren wird, und sie möglicherweise „eine Billion Mal leistungsfähiger“ sein wird als heute.

Solche Überlegungen mögen zwar auf intellektueller Ebene oder als Denkanstoß unterhaltsam sein, aber es gibt keine zwingenden Gründe für die Annahme, dass eine solche Entwicklung wahrscheinlich oder gar möglich ist. Im Folgenden wollen wir einige gängige Gegenargumente zum Konzept der technologischen Singularität aufzeigen.

Zusammenfassung der gängigen Gegenargumente zum Konzept der technologischen Singularität

* + Die Geschichte der Errungenschaften auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz zeigt zwar stetige praktische Erfolge, allerdings auf niedrigem Niveau.
  + Eine Explosion der künstlichen Intelligenz kann erst dann eintreten, wenn die maschinelle Intelligenz die menschliche in allen Bereichen übertrifft*,* und das wird in absehbarer Zeit nicht der Fall sein. Das Spielen von Schach oder Go reicht nicht aus, um das Argument der Entwicklung einer allgemeinen künstlichen Intelligenz zu untermauern.
  + Es stimmt, dass neue Entdeckungen im Bereich der künstlichen Intelligenz gemacht werden und sich als wissenschaftlich und wirtschaftlich erfolgreich erwiesen haben. Mit jeder neuen Entdeckung steigt jedoch auch die Komplexität. Angesichts dessen dürfte die nächste Entdeckung schwieriger werden. Würde die Fortführung dieses Prozesses nicht einen Punkt erreichen, an dem der Nutzen abnimmt?
  + Ähnlich verhält es sich mit der Vorhersage von großen Erfolgen der künstlichen Intelligenz, die zwar in alltäglichen Anwendungen beobachtet werden können, aber nicht ewig anhalten werden – weil kein Trend jemals andauert. Exponentielle Leistungskurven gehen schließlich in S-Kurven über, die sich nach oben hin verjüngen.
  + Die Allgemeingültigkeit der menschlichen Intelligenz hängt wohl von vielen mentalen Faktoren ab, wie z. B. Emotionen, Motivation, dem Gefühl von Autonomie und Handlungsfähigkeit und bis zu einem gewissen Grad sogar von unseren Voreingenommenheiten und scheinbaren kognitiven Defiziten. Die Logik der Explosion der künstlichen Intelligenz scheint davon auszugehen, dass eine Maschine diese Ziele erreichen oder nachahmen kann, während sie gleichzeitig die Kontrolle über ihre eher mechanischen und computerähnlichen Aspekte behält, wie z. B. einen praktisch unbegrenzten Speicher und eine unbegrenzte Berechnungsgeschwindigkeit.
  + Die Argumente, die für die Theorie der Explosion der künstlichen Intelligenz sprechen, konzentrieren sich ausschließlich auf den individuellen Geist. Die Stärke des menschlichen Geistes liegt jedoch zu einem großen Teil in seiner sozialen Dimension begründet. Die Zeiten, in denen die begabtesten Menschen das gesamte verfügbare Wissen aufnehmen konnten, sind längst vorbei. Unser Leben ist geprägt von der kollektiven Intelligenz unserer Gesellschaft und ihrer Arbeitsteilung. Selbst der klügste Mensch allein könnte bei guter Lebensqualität und Freiheit nicht nach dem gesamten menschlichen Wissen streben, zumindest nicht in unseren entwickelten Gesellschaften.

Übung zum Nachdenken

Stellen Sie sich vor, wie eine hypothetische Gesellschaft mit fortgeschrittener künstlicher Intelligenz in dreißig oder mehr Jahren aussehen könnte.

* In welchem Bereich wird die künstliche Intelligenz die größte Rolle spielen?
* Welche Auswirkungen wird die künstliche Intelligenz auf diesen Bereich und auf die Gesellschaft im Allgemeinen haben?
* Halten Sie es für möglich, dass Schurkenstaaten, Unternehmen oder andere kriminelle Elemente ein hochentwickeltes künstliches Intelligenzsystem entführen und für ihre eigenen Zwecke ausnutzen könnten?
* Glauben Sie wie Kurzweil, dass der Inhalt eines analog arbeitenden menschlichen Gehirns in Zukunft auf ein digitales Speichermedium heruntergeladen und so bewahrt werden könnte?

Zusammenfassung

In dieser Lektion haben wir uns auf wissenschaftliche Disziplinen konzentriert, die eng mit der Forschung auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz verbunden sind und diese in einzigartiger Weise beeinflussen.

Mit dem Thema Neurowissenschaften haben wir in dieser Lektion einige grundlegende anatomische Fakten über die Zellen des Nervensystems und des Gehirns vermittelt. Außerdem haben wir die grobe Struktur des Gehirns – die Hauptlappen – beschrieben und die physiologische Bedeutung der wichtigsten Bestandteile dargelegt.

In Erweiterung der Neurowissenschaften wurde die Kognitionswissenschaft eingeführt, um eine breitere Sichtweise und ein allgemeineres Verständnis der kognitiven Prozesse und Phänomene zu vermitteln. Dabei haben wir auch Beiträge aus verschiedenen akademischen Bereichen wie Philosophie, Psychologie, Linguistik und Anthropologie einbezogen. Daneben haben wir auch die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen diesen Fachgebieten und ihre Verbindung zur künstlichen Intelligenz betrachtet.



# Lektion 4

## Moderne KI-Systeme

#### STUDIENZIELE

Nach Abschluss dieser Lektion werden Sie gelernt haben,

... welche Wechselbeziehung es zwischen Informatik und künstlicher Intelligenz gibt.

... welche Fortschritte in der Computertechnologie seit den 1950er Jahren erreicht wurden und welche neuen, sich daraus ergebenden Erkenntnisse und Möglichkeiten, für uns heute wichtig sind.

... welche Unterschiede es zwischen der heute genutzten schwachen oder eingeschränkten künstlichen Intelligenz und der zukünftigen Möglichkeit einer allgemeinen künstlichen Intelligenz gibt.

... welche potenziellen Vorteile die modernen KI-Systeme im Vergleich zu Computer-Vision und natürlicher Sprachverarbeitung (NLP) bieten.

DL-E-DLMAIAI01-U04

1. Moderne KI-Systeme

### Einführung

Die beiden Forschungsbereiche Informatik und künstliche Intelligenz arbeiten Hand in Hand für den Fortschritt. Sie sind jedoch nicht immer perfekt aufeinander abgestimmt, und es lässt sich feststellen, dass die derzeitige Fortschrittswelle in der KI und vor allem beim Deep Learning zu einem beträchtlichen Teil auf die jüngsten Fortschritte bei Datenspeicherung und Rechenleistung zurückzuführen ist. Umgekehrt gilt: Nach dem zurückgegangenen Interesse an konnektionistischen Modellen der maschinellen Intelligenz und des maschinellen Lernens ist die Begeisterung dafür heute wieder da, und das Interesse wäre damals nicht so stark abgeflaut, wenn die heutige verteilte Rechen- und Speichertechnologie zur Verfügung gestanden hätte.

### Neueste Entwicklungen bei Hardware und Software

In den 1950er Jahren entwickelte sich die Computertechnologie zu einem Industriezweig, und es war eine Zeit großer Begeisterung. Viele Universitäten und staatlich finanzierte Programme entwickelten innovative Computergeräte, die fast alle mit Vakuumröhren arbeiteten. Der Strom der sich im Vakuum bewegenden Elektronen darin wurde als Schalter zum Ein- und Ausschalten von Informationsbits verwendet. Der UNIVAC-Computer war die erste kommerzielle Version zu einer Zeit, als es auf der ganzen Welt nur etwa 100 Computer gab. In dieser Zeit veröffentlichte Alan Turing (1950) auch die bahnbrechende Arbeit „Computing Machinery and Intelligence“, in der er das Konzept der maschinellen Intelligenz vorschlug. Interaktionen zwischen Mensch und Maschine wurden demonstriert, und Hochsprachen wie FORTRAN, COBOL und Lisp, die dem Programmierer mühsame Operationen auf Bitebene abnahmen, kamen auf den Markt.

Das Mooresche Gesetz   
Dieses Gesetz besagt, dass sich die Komplexität, gemessen an der Anzahl der Transistoren auf einem Chip, alle zwei Jahre verdoppelt.

In den 1960er Jahren beschleunigte sich der Wandel, wobei der Schwerpunkt auf der Rechenleistung und der Entwicklung integrierter Schaltkreise lag und nicht mehr auf Vakuumröhren, Netzwerken und Betriebssystemen. Ein integrierter Schaltkreis funktioniert auf Basis von Halbleitermaterial und erfüllt die gleiche Funktion wie größere elektronische Bauteile. Die Umstellung von Vakuumröhren auf Transistoren und integrierte Schaltkreise hatte enorme kommerzielle Auswirkungen, weil sie die Kosten senkte, das Gewicht und den Platzbedarf von Maschinen reduzierte, die Zuverlässigkeit erhöhte und den Energiebedarf für den Betrieb verringerte. Dadurch wurden Computer erschwinglicher und gleichzeitig leistungsfähiger. Auch das Mooresche Gesetz, das heute vielleicht keine Gültigkeit mehr besitzt, wurde geprägt und allgemein anerkannt. Zu den so genannten „Computern der dritten Generation“ gehörten der IBM-360 und 700, die PDP-8 (Mini) von DEC und der CDC-6600, der erste Supercomputer der damaligen Zeit. Der Prozess der Miniaturisierung setzt sich auch heute noch fort.

In den 1970er Jahren führten Fortschritte bei der Hardware dazu, dass sie in Bezug auf die Gesamtinstallation größer, aber in Bezug auf die Größe der Komponenten zugleich kleiner wurde, während sich die Fähigkeiten der Software und die Einfachheit der Programmierung verbesserten. In dieser Zeit gründeten Bill Gates und Paul Allen die Microsoft Corporation. Fast gleichzeitig gründeten Steve Wozniak und Steve Jobs Apple Computer. Die Textverarbeitung begann mit einem Programm namens „Word Star“ und die Tabellenkalkulationstechnologie mit einem Programm namens Visicalc. E-Mail begann ursprünglich als ARPA-NET, einem Kommunikationssystem zur Übertragung von Daten für Mitarbeiter des US-Verteidigungsministeriums und der Wissenschaft.

Die Programmiersprache C, aus der in den 1980er Jahren C++ hervorging, förderte das Paradigma der strukturierten Programmierung. Die Absicht war, Klarheit in der Softwareentwicklung zu schaffen, indem „Go-to“-Konstrukte vermieden, große Programme in kleinere Funktionen aufgeteilt und Wiederholungen in der Logik genutzt wurden.

Viele der in den 1980er Jahren erzielten Fortschritte sind dem privaten Sektor zu verdanken. Ein Großteil der Personal-Computing-Technologie, die wir nach heutigen Maßstäben als alltäglich betrachten, wurde in dieser Zeit entwickelt, wie z. B. MS-DOS, das von IBM übernommen Betriebssystem für Mikrocomputer von Microsoft. Viele der Unternehmen, die damals einen großen Beitrag leisteten, gibt es heute nicht mehr, z. B. Tandy, Commodore und Atari. Adobe Photoshop und TCP/IP, das Protokoll zum Übertragen von Informationen über das Internet, haben ihre Gründungstage überlebt und existieren noch heute. Das gesamte Konzept des „WWW“,die Idee der Formatierung von Online-Inhalten unter dem Protokoll HTTP, entwickelte sich aus der Schweizer CERN-Forschung. Computer-Netzwerke und das World Wide Web wurden für die Mehrheit akzeptabler, und mehr Rechenarbeit wurde auf Workstations erledigt.

In den 1990er Jahren wurde die Multimediatechnologie populär, d. h. das Durchsuchen von Informationen mit Hyperlinks, die Themen auf dem Bildschirm mit verwandten Informationen in grafischer Form verknüpfen. Eine der größten globalen Entwicklungen war der Aufstieg des Windows-Betriebssystems mit Windows 3.0 im Jahr 1990, gefolgt von Windows 95 und 98. Auch Microsoft Office wurde zu einem weltweiten Standard für Produktivitätssteigerungen, besonders aufgrund des Netzwerkeffekts. Dieser tritt ein, wenn ein Produkt oder eine Dienstleistung durch die verstärkte Nutzung für den Verbraucher an Wert gewinnt. Auch die Sprache Java wurde in diesem Zeitraum zu einem kommerziellen Produkt. Auf der Hardwareseite schlug der IBM-Spezialcomputer Deep Blue den Schachweltmeister Garry Kasparov, was Auswirkungen auf die künstliche Intelligenz hatte. Nokia, ein finnisches Kommunikationsunternehmen, führte zudem das erste Smartphone ein.

Seit dem Jahr 2000 sind Hardware und Software immer stärker integriert, was zu neuen Produkten und Dienstleistungen geführt hat. Neue Produktanwendungen durch kombinierte Hard- und Software führten zu tragbaren Geräten und erweiterter Realität, wofür HoloLens von Microsoft ein Beispiel ist. Ein großer Teil dieser Technologie befindet sich noch in der Entwicklung, und es gibt noch keinen großen Markt dafür. Systeme mit erweiterter Realität (Augmented Reality) wie HoloLens, Oculus Rift und ähnliche Entwicklungen verbinden Wirtschaft und Unterhaltung auf der einen Seite und Technologie und Inhalte auf der anderen. Anwendungen sind im 3D-Tourismus und in 3D-Produktkatalogen zu finden. Seit dem Jahr 2000 ist auch der offene Browser Firefox zu einer festen Größe geworden und konkurriert mit Chrome und Android von Google. Im Bereich der neuen Produkte wurde die Kryptowährung Bitcoin entwickelt, die seither erheblichen Schwankungen unterliegt. Die endgültige Akzeptanz oder Ablehnung von Bitcoin und anderen Kryptowährungen muss sich erst noch zeigen.

###### Cloud-Computing

In den Industrieländern werden Produkte und Verbrauchsmaterialien sowohl bei Computerhardware als auch bei herkömmlichen Konsumgütern heute immer seltener für den individuellen Besitz erworben. In Großstädten trägt die anlassbezogene Kurzzeit-Anmietung von Autos (Carsharing) zur Verringerung des Verkehrsaufkommens und Freigabe von Parkplätzen bei. Ähnliche Angebote gibt es auch für Fahrräder, so dass mehr Menschen Fahrräder gemeinsam nutzen können, anstatt sie selbst besitzen zu müssen.

Die Nutzung von Uber- oder Lyft-Taxis, und in Zukunft möglicherweise auch von autonomen Taxis, ist in großen und mittelgroßen Städten günstiger als der Besitz eines eigenen Autos. Die Anmietung von Ferienhäusern ist ebenfalls weniger kostspielig als der Besitz eines solchen Hauses, für den anfangs große Geldsummen aufgebracht werden müssen und der außerdem laufende Kosten verursacht. Auch in der Datenverarbeitung findet eine ähnliche gemeinsame Nutzung statt, die als Cloud-Computing bezeichnet wird. Die Gründe für das Aufkommen des Cloud-Computing sind im Folgenden zusammengefasst:

* Die künstliche Intelligenz macht rasante Fortschritte und erfordert enorme Rechen- und Datenspeicherressourcen. Die gemeinsame Nutzung von Hardware- und Softwareressourcen ist effizienter, als wenn jeder Kunde seine eigenen Investitionen tätigt und damit den Aufwand verdoppelt.
* Der Aufbau der Infrastruktur zur gemeinsamen Nutzung von Computerressourcen stellt eine wirtschaftliche Chance für Organisationen dar, die über die Fähigkeiten und Ressourcen verfügen, eine solche aufzubauen und richtig zu nutzen. Zu den Anbietern von Cloud-Computing gehören Amazon, IBM, SAS, Microsoft, Salesforce, Sun Microsystems, Oracle und andere.
* Cloud-Computing kann auch als eine Erweiterung des Internet-Paradigmas betrachtet werden, bei dem Daten und Kommunikation demokratischer und weniger exklusiv werden, wobei neue wirtschaftliche Möglichkeiten in Form von bezahlter Werbung und Datendiensten entstehen.

In den 1980er Jahren wurde das Konzept des Time-Sharing populär, das als Vorläufer des Cloud-Computing betrachtet werden kann. Time-Sharing unterscheidet sich vom Cloud-Computing dadurch, dass es sich auf die gemeinsame Nutzung von Hardwareressourcen konzentrierte, die für alle stets verfügbar waren. Die Kosten für die Teilnehmer wurden in Form von Maschinenzykluszeit und Speichereinheiten berechnet. In gewisser Hinsicht wurde die Datenverarbeitung zu einer Ware wie Strom, Wasser und Erdgas.

Bevor wir uns dem Cloud-Computing und seiner Anwendung in der KI zuwenden, sind die folgenden Definitionen nützlich.

Virtuelle Computer

Virtuelle Computer sind einzelne virtuelle Maschinen, die in einer Serverumgebung oder einer Cloud-Einrichtung erstellt werden, um einen einzelnen Client (Nutzer) nach Bedarf zu bedienen. Mehrere virtuelle Maschinen können gleichzeitig auf derselben physischen Hardware arbeiten und gleichzeitig auf Daten- und Verarbeitungsressourcen zugreifen.

Cloud-Computing

Cloud-Computing ist parallel, geografisch verteilt und virtualisiert.

Grid-Computing

Grid-Computing hat seinen Namen von der englischen Bezeichnung *grid* für das Stromnetz. Grid bedeutet eigentlich Raster oder Gitter. Es handelt sich um eine parallele und geografisch verteilte Architektur. Sie besteht in der Regel aus heterogenen Knoten, die unterschiedliche Arbeitslasten oder Anwendungen ausführen. Ressourcen können im Besitz mehrerer Unternehmen sein, die für den gemeinsamen Vorteil zusammenarbeiten.

Cluster-Computing-Systeme

Cluster-Computing-Systeme sind ebenfalls parallel und geografisch verteilt, und sie verfügen über Ressourcen, die zur Laufzeit verfügbar sind. Der Unterschied zum Grid-Computing besteht darin, dass beim Cluster-Computing eigenständige Computer miteinander verbunden sind, die gemeinsam an der gleichen Aufgabe arbeiten.

Der Hauptvorteil der Cloud-Technologie für künstliche Intelligenz liegt in ihrer Fähigkeit, eine Reihe von hoch skalierbaren Rechen- und Datenspeicherressourcen bereitzustellen.

###### Ein Cloud-Fallbeispiel: Künstliche Intelligenz in Lieferketten

Zur Lösung von wichtigen realen Anwendungsszenarien arbeiten Cloud-Technologie und künstliche Intelligenz oft Hand in Hand. Dies wollen wir am Beispiel des Lieferkettenmanagements zeigen.

Das Lieferkettenmanagement, ein sehr bedeutender Anwendungsbereich für künstliche Intelligenz, ist nur eines der vielen Beispiele für kommerzielle Szenarien, die von der Cloud-Technologie profitieren. Die Cloud ist eine physisch riesige Server-Einrichtung. Sie kann sich überall befinden und so die Kommunikation und den Informationsaustausch zwischen den weltweiten Partnern einer Lieferkette ermöglichen. Außerdem kann eine Cloud mit einer beliebigen Anzahl anderer Clouds verbunden werden. So kann eine Cloud-Struktur zu Tourismusdiensten logisch mit einer anderen Cloud-Struktur zum öffentlichen Verkehr verbunden werden.

Bei den weltweiten Lieferketten handelt es sich um miteinander verbundene Einzelunternehmen, die ihre Tätigkeiten zum Nutzen des Endverbrauchers und zum gegenseitigen Vorteil koordinieren. Cloud-Computing ist das Bindeglied zwischen den Lieferketten, wobei künstliche Intelligenz dafür sorgt, dass die Lieferketten effizienter arbeiten. Im Falle des Änderungsmanagements von Lieferketten kann künstliche Intelligenz folgende Beiträge leisten:

* Nutzung natürlicher Sprachverarbeitung (NLP) zum Einscannen von Verträgen, Abrufen von Chatprotokollen und Bestellungen sowie zur Beschleunigung von Zahlungen entlang der Kette.
* Nutzung von maschinellem Lernen zur Trenderkennung und Quantifizierung des Warenflusses entlang der Kette – mit dem Ziel, zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu sein.
* Teilen der Nachfrageprognose mit allen Partnern
* Optimierung des Lagerbetriebs in Bezug auf Versand, Empfang, Kommissionierung und Lagerung von Produkten.
* Betrieb autonomer Transportfahrzeuge.

Für das Funktionieren all dieser Prozesse sind die Daten die große Herausforderung. Sie müssen vollständig, deskriptiv und präzise sein und allen Mitgliedern der Kette in Echtzeit zur Verfügung stehen.

Nehmen wir an, Unternehmen X sei ein großes Fertigungsunternehmen und wie die meisten Unternehmen integriert in einer komplexen Lieferkette, die sich über mehrere Kontinente erstreckt. Die Verwaltung und Koordinierung einer Kette unabhängiger Unternehmen, die zum Teil voneinander abhängig sind, ist immer komplizierter geworden, weil sich die Handelsgesetze geändert haben, die Technologie neue Vorgehensweisen für die Montage und Vermarktung fertiger Waren erforderlich macht und vor allem weil die Mitglieder der Lieferkette darauf bestanden haben, ihre inkompatiblen IT-Systeme beizubehalten.

Es gibt viele Leistungskennzahlen in Lieferketten. Für unsere Fallbetrachtung wollen wir die Leistung auf lieferkettenweite Lagerbestände, pünktliche Produktlieferungen in stets einwandfreier Qualität und ein ausreichend automatisiertes Zahlungssystem beschränken. Nehmen wir weiter an, dass dieses System seit acht Jahren in Betrieb ist und sein Betrieb immer schwieriger wird, weil sich das Verkaufsvolumen der Produkte verdoppelt hat und es nun viel mehr Produktklassen gibt. Zur Bewältigung der Einführung von Cloud-Computing und künstlicher Intelligenz in das IT-Managementsystem eines Unternehmens müssen die folgenden Kernpunkte berücksichtigt werden:

* + Es muss ein Geschäftsmodell für die Cloud entwickelt werden, um die Teilnehmer entlang der Lieferkette davon zu überzeugen, dass sich die Unterstützung des Konzepts lohnt. Ein solches Modell muss mit einem vollständigen Verständnis der Unzulänglichkeiten des derzeitigen IT-Managementsystems für die Lieferkette beginnen. Das neue Modell muss eine IT-Umgebung abbilden, die sich mit den Risiken, der Unternehmensführung, der Cloud-Technologie und der künstlichen Intelligenz auseinandersetzt.
  + Hinsichtlich Kosten und Nutzen erfordert Cloud-Computing ein chancenorientiertes Denken. Viele Themen sind dabei zu berücksichtigen, darunter neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit, neue Dienstleistungen, Verbesserung der Datensicherheit, Verringerung von Fehlern, verbesserte Rechenschaftsrollen, Risiken und kürzere Reaktionszeiten für Kunden.
  + Die Zusammenarbeit mit Interessengruppen zur Schaffung von Werten ist ein wichtiger Bestandteil beim Verkauf eines Cloud-Projekts im Bereich der künstlichen Intelligenz. Zu den Beteiligten gehören und anderem alle Unternehmen in der Lieferkette, einschließlich der Großkunden, die das Endprodukt kaufen und letztlich eine nachhaltige Finanzierung sicherstellen.

###### Spezialisierung auf Cloud- und KI-Dienste

Da hoch entwickelte Analysen und künstliche Intelligenz wichtige Anwendungsbereiche des Cloud-Computing darstellen, haben einschlägige Anbieter wie Google, Microsoft und Amazon Angebote für maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz in ihr Portfolio integriert. Einige dieser Dienste können kostenlos ausprobiert werden, bei anderen ist eine Nutzungsgebühr zu entrichten. Die Gebühren richten sich nach Nutzungsvolumen, Speicherplatz, geschützten Daten, Häufigkeit und anderen Kriterien.

Die KI-Bibliotheken und -Anwendungen konzentrieren sich auf folgende Themen:

* + Chatbots, die simulierte Gespräche mit Kunden führen, digitale und grafische Datenbanken durchsuchen und Antworten verbal formulieren, und zwar um ein Vielfaches schneller als ein menschlicher Kundendienst-Mitarbeiter.
  + Technologie zur Verarbeitung natürlicher Sprache, die als Cloud-Plattformdienst in vielen Bereichen von Interesse ist, z. B. bei der Übersetzung von Websites.
  + Klassifizierungsdienste für visuelle Inhalte, die in der Lage sind, eine große Menge von Kundenbildern einzuordnen.
  + Dokumente aus einer Kundenquelle, z. B. in Form von Textgrafiken oder Fotografien, die einer maschinellen Analyse unterzogen werden können (z. B. zur Plagiats- oder Schreibstil-Erkennung).

###### Quantencomputer

Die derzeitigen Chipdesigns stoßen an die physikalischen Grenzen des halbleiterbasierten Hardware-Konzepts. Die exponentielle Zunahme der Größe, Komplexität und Ausführungsgeschwindigkeit von Recheneinheiten, wie sie im letzten Jahrzehnt zu beobachten war, wird in absehbarer Zeit ein Ende finden. Eine Möglichkeit zur Überwindung dieser Grenzen bieten, wie bereits erwähnt, parallele und verteilte Technologien. Eine andere Möglichkeit besteht darin, völlig neue Computertechniken in Betracht zu ziehen, wozu auch die Quanteninformatik gehört.

Ein klassischer Computer stellt Informationen in Form von Bits dar, also elementaren Einheiten, die zu einem bestimmten Zeitpunkt nur einen der Werte 0 oder 1 annehmen können. Im Gegensatz dazu wird beim Quantencomputing das aus der Quantenphysik abgeleitete quantentheoretische Konzept der Superposition (Überlagerung) genutzt. Dieses besagt, dass jede Summe von Quantenzuständen selbst ein Quantenzustand ist und dass jeder Quantenzustand als Summe von zwei oder mehr anderen Quantenzuständen ausgedrückt werden kann. Die Anwendung dieses Paradigmas auf die Darstellung von Informationen führt zum Konzept des Qubits – einer Speichereinheit, die nicht nur die beiden Zustände eines klassischen Bits (entweder 0 oder 1) annehmen kann, sondern auch eine Überlagerung dieser Zustände. Ein Quantencomputer ist ein Gerät, das auf dieser Darstellung von Information und den damit verbundenen Möglichkeiten der Informationsverarbeitung beruht.

Kernpunkte der Quanteninformatik

* Der Begriff Quant in der Quanteninformatik wurde von einem Zweig der Physik, der Quantenmechanik, übernommen. Die Quantenmechanik wurde auf der Suche nach einer mathematischen Beschreibung des ungewöhnlichen Verhaltens von subatomaren Teilchen entwickelt.
* Das Quantencomputing ist eine neue Technologie, die unsere Fähigkeit zur Informationsverarbeitung erheblich verbessern könnte. Es ist zwar noch nicht kommerziell verfügbar, wird aber von staatlichen Forschungsinstituten und großen Unternehmen erforscht.
* Das Quantencomputing bringt nicht unbedingt Verbesserungen bei allen Rechenaufgaben mit sich. Es hat sich gezeigt, dass klassische Algorithmen für viele wichtige Anwendungen eine vergleichbare Leistung aufweisen wie ihre Quanten-Gegenstücke.
* Es wird erwartet, dass die Quanteninformatik erhebliche Auswirkungen auf die Kryptographie haben wird. Einerseits könnte sie die heute gängigsten Verschlüsselungsalgorithmen unbrauchbar machen, andererseits könnte sie völlig neue Verschlüsselungsmethoden ermöglichen.
* Da es sich bei der Quantenmechanik um eine probabilistische Theorie handelt und sich das Quantencomputing als besonders geeignet für Such- und Optimierungsaufgaben erwiesen hat, liegt es nahe, dass auch die künstliche Intelligenz vom Quantencomputing beeinflusst wird.

### Enge und allgemeine künstliche Intelligenz

Ein neueres Thema in der KI-Forschung ist die klare Unterscheidung zwischen den verschiedenen verwandten und doch unterschiedlichen Formen der künstlichen Intelligenz. Ganz allgemein lässt sich die künstliche Intelligenz als die mechanistische Umsetzung von Sinneswahrnehmungsprozessen, Kognition und Problemlösungsfähigkeiten bezeichnen.

Quantenphysik

Ein Teilgebiet der Physik, das das Verhalten von Elementarteilchen und deren Wechselwirkungen beschreibt.

In der gesamten Geschichte der künstlichen Intelligenz als wissenschaftlicher Disziplin haben Forscher dieses gewaltige Unterfangen in Angriff genommen. Dazu haben sie die Herausforderung in eine überschaubare Größe zerlegt, indem sie Systeme implementierten, die spezielle Funktionen in kontrollierten Umgebungen ausführen. Dieser Ansatz wird heute als *Artificial Narrow Intelligence* (ANI) oder *Weak Artificial Intelligence* bezeichnet, also etwa enge KI oder schwache KI. Sie ist das Gegenteil der offenen, flexiblen und bereichsübergreifenden Form der menschlichen Intelligenz, die gemeinhin als *Artificial General Intelligence* (AGI) oder *Strong Artificial Intelligence* bezeichnet wird (also allgemeine oder starke KI).

###### Artificial Narrow Intelligence

Bei der Definition des Begriffs „Artificial Narrow Intelligence“ (ANI) ist es sinnvoll, ihn als die Gesamtheit der derzeit existierenden und in absehbarer Zukunft realisierbaren künstlichen Intelligenz zu betrachten. So fallen derzeit bestehende Systeme in den typischen Anwendungsbereichen wie selbstfahrende Fahrzeuge, Übersetzung zwischen Sprachen, Umsatzprognosen, Verarbeitung natürlicher Sprache und Gesichtserkennung alle unter das Konzept der Artificial Narrow Intelligence.

Das Wort „eng“ weist darauf hin, dass die betreffende Art von Intelligenz jeweils nur für einen Bereich gilt. So kann ein bestimmtes Gerät oder System zwar Schach spielen, nicht aber ein anderes Strategiespiel wie Go oder Shogi, ganz zu schweigen von völlig anderen Aufgaben wie der Übersetzung. Kurz gesagt, eng bedeutet sowohl eine Intelligenzleistung im Sinne der Fähigkeit, ein komplexes Problem zu lösen, als auch eine Intelligenzleistung in Bezug auf nur eine Aufgabe.

###### Artificial General Intelligence

Für die allgemeine KI (*Artificial General Intelligence*, AGI) ist die kognitive Vielseitigkeit des Menschen der Bezugspunkt zur Beurteilung und Messung dieser Form der KI. Das Ziel ist nicht nur die Nachbildung spezifischer Fälle von Sinnesdateninterpretation, Sprachinterpretation oder anderer Formen intelligenten Verhaltens, sondern das gesamte Spektrum der menschlichen kognitiven Fähigkeiten. Dazu gehören natürlich alle Fähigkeiten, die derzeit durch die schwache künstliche Intelligenz repräsentiert werden, aber auch die Fähigkeit, eine Verallgemeinerung über Bereichsgrenzen hinweg zu erzielen – d. h. Dinge, die bei einer Aufgabe gelernt wurden, auf andere, aber verwandte Aufgaben zu übertragen, einschließlich Motivation und Wille. Philosophische Quellen zu diesem Thema (insbesondere Searle, 1980) gehen noch einen Schritt weiter, indem sie von einer AGI auch ein Bewusstsein oder eine Selbstwahrnehmung fordern.

Es ist eine außerordentlich schwierige Aufgabe, sich die Entwicklung einer künstlichen Intelligenz vorzustellen, die gleichzeitig über alle der folgenden Fähigkeiten verfügt:

* + Die kognitive Fähigkeit, in verschiedenen Bereichen zu lernen und zu funktionieren,
  + Intelligenz auf menschlichem Niveau in allen Bereichen,
  + Problemlösungsfähigkeiten in mehreren Bereichen auf dem Niveau eines durchschnittlichen Menschen,
  + selbständige Problemlösungsfähigkeit,
  + die Fähigkeit, abstrakt zu denken, ohne direkt auf frühere Erfahrungen zurückzugreifen,
* die Fähigkeit, die gesamte Umgebung wahrzunehmen, in der sie arbeitet,
* die Fähigkeit, sich auf Hypothesen einzulassen, für die es keine vorherige Erfahrung gibt,
* die Fähigkeit der Selbstmotivation, und der Besitz eines Selbstbewusstseins.

Darüber hinaus verlangt das Konzept der Superintelligenz (also die Vorstellung, dass eine künstliche Intelligenz durch rekursive Selbstverbesserung kognitive Fähigkeiten erwirbt, die über das für Menschen Mögliche hinausgehen), dass sie zunächst einen Zustand der allgemeinen künstlichen Intelligenz erreicht.

### Natürliche Sprachverarbeitung (NLP) und Computer-Vision

Die Verarbeitung natürlicher Sprache ist ein wichtiger Anwendungsbereich der aktuellen KI-Techniken, und das war in der Geschichte der künstlichen Intelligenz schon immer so. NLP besteht aus drei Hauptbestandteilen: (1) Spracherkennung, also Identifizieren von Wörtern in der gesprochenen Sprache und Umwandlung von Sprache in Text. (2) Sprachverstehen, d. h. die Entnahme von Bedeutungen aus Wörtern und Sätzen und Leseverstehen. (3) Spracherzeugung und die Fähigkeit, Informationen und Bedeutungen in Form von wohlgeformten Sätzen oder längeren Texten auszudrücken.

Letztlich geht es darum, Sprache auf einer menschlichen Ebene zu interpretieren und zu verwenden. Dies würde nicht nur Menschen in die Lage versetzen, mit Maschinen in ihrer natürlichen Sprache zu kommunizieren, sondern auch eine Reihe interessanter sprachzentrierter Anwendungen ermöglichen, die von der automatischen Übersetzung zwischen verschiedenen Sprachen bis hin zur Erzeugung von Textauszügen, Zusammenfassungen oder kompletten Werken der Literatur reichen. Dieses Ziel ist zwar noch nicht erreicht, aber die Verarbeitung natürlicher Sprache macht bemerkenswerte Fortschritte, was sich an den folgenden Entwicklungen ablesen lässt:

* Virtuelle Assistenten auf handelsüblichen Telefonen und Laptops, die immer besser auf komplexe Anfragen reagieren können.
* Verbesserte maschinelle Übersetzungen zwischen zwei verschiedenen menschlichen Sprachen, die im Hinblick auf Verbraucher-Telefone und -Computer ständig verbessert werden.
* Extraktion von Schlüsselwörtern für die Analyse großer Textmengen zur Unterstützung der Medienberichterstattung.
* Stimmungsanalyse von E-Mail- und Social-Media-Texten zur Bewertung der Stimmung und emotionalen Einstellung des Verfassers zum Thema.
* Fähigkeit von Spracherkennungssoftware zur Identifikation des Sprechers.
* Fähigkeit von Spracherkennungssoftware zur Erkennung von Wörtern (Messung anhand der Genauigkeitsquote und daran, wie gut das System mit einem laufenden Gespräch in Echtzeit Schritt halten kann).

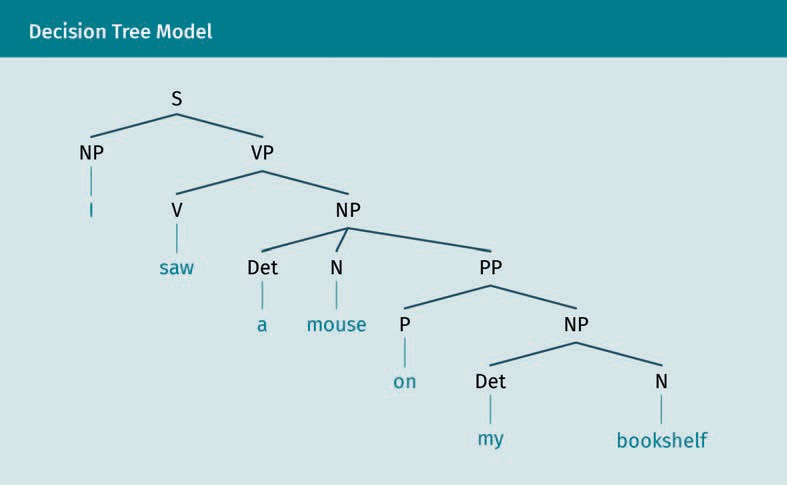
Unser menschliches Denkvermögen und unsere logischen Schlussfolgerungen beruhen auf der Sprache. Deshalb ist es naheliegend, dass die Fähigkeit, Sprache zu verarbeiten, eng mit dem Konzept der Intelligenz selbst verbunden ist. Ein Beispiel dafür ist der berühmte Turing-Test für eine künstliche Intelligenz. Alan Turing (1950) schlug diesen Test vor, um zu entscheiden, ob eine Maschine als intelligent angesehen werden kann.

An dem Test sind eine Maschine und ein Mensch beteiligt, die beide über eine telegrafische Verbindung eine Reihe von Fragen eines Abfragesystems beantworten müssen. Wenn der Fragesteller nicht erkennen kann, welcher der Gesprächspartner ein Mensch und welcher eine Maschine ist, wird die Maschine als intelligent angesehen. Dieses Testszenario, das Turing selbst als „Imitationsspiel“ bezeichnete, hängt natürlich entscheidend von der Fähigkeit der Maschine ab, natürliche Sprache zu verarbeiten.

Die natürliche Sprachverarbeitung als technische Disziplin entstand Mitte der 1950er Jahre in einer Zeit erhöhter geopolitischer Spannungen zwischen den Vereinigten Staaten und der ehemaligen Sowjetunion. Amerikanische Behörden hatten einen hohen Bedarf an englischen und russischen Übersetzern, so dass die Übersetzung an Maschinen ausgelagert wurde. Die ersten Ergebnisse waren zwar vielversprechend, aber die Übersetzung erwies sich als weitaus komplexer als ursprünglich angenommen, so dass wesentliche Fortschritte in der Technologie ausblieben. Im Jahr 1964 bezeichnete das *Automatic Language Processing Advisory Committee* (ALPAC) die Technologie der natürlichen Sprachverarbeitung daher als „hoffnungslos“. Es stellte die Finanzierung der Forschung im Bereich der natürlichen Sprachverarbeitung vorübergehend ein und initiierte damit einen Winter in der Forschung zur Verarbeitung natürlicher Sprache.

Fast 20 Jahre später, Anfang der 1980er Jahre, wurde das Thema aufgrund von drei Ereignissen wieder interessant:

* + Die Rechenleistung stieg im Einklang mit dem Mooreschen Gesetz und ermöglichte dadurch rechenintensivere Methoden zur Verarbeitung natürlicher Sprache.
  + Es fand ein Paradigmenwechsel statt. Die erste Welle von Sprachmodellen war durch einen Grammatik-orientierten Ansatz gekennzeichnet, mit dem versucht wurde, immer komplexere Regelwerke zu implementieren, um so die Komplexität der natürlichen Alltagssprache zu bewältigen. Dies änderte sich hin zu Modellen, die auf einer statistischen und entscheidungstheoretischen Grundlage basieren. Einer der ersten Ansätze war die Verwendung von Entscheidungsbaumanalysen anstelle von manuell erstellten und kodierten Regeln für die Verwendung von Wörtern. Entscheidungsbaummodelle führen zu harten Wenn-Dann-Entscheidungen, wie im folgenden Diagramm dargestellt.



* Eine weitere Verbesserung der Verarbeitung natürlicher Sprache wurde durch die Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie in einer Technik namens *Part-of-Speech-Tagging* (POS-Tagging, auf Deutsch etwa: Zuordnung von Wörtern und Satzzeichen zu Wortarten) erreicht*.* Diese Technik nutzt das stochastische Markow-Modell zur Beschreibung eines dynamischen Systems wie Sprache. In einem Markow-Modell bestimmt nur der letzte Zustand des Systems zusammen mit einer Reihe von Übergangsregeln den nächsten Zustand, im Gegensatz zu Ansätzen, welche die gesamte Vorgeschichte berücksichtigen.

Insgesamt hat die Verlagerung hin zu statistischen, entscheidungstheoretischen und maschinellen Lernmodellen die Robustheit der Methoden zur Verarbeitung natürlicher Sprache erhöht, was ihre Fähigkeit zur Bewältigung bisher unbekannter Konstellationen angeht. Darüber hinaus hat sie die Möglichkeit zu lernen und sich zu verbessern eröffnet, und zwar durch Nutzung der wachsenden Korpora der in elektronischer Form verfügbaren Literatur.

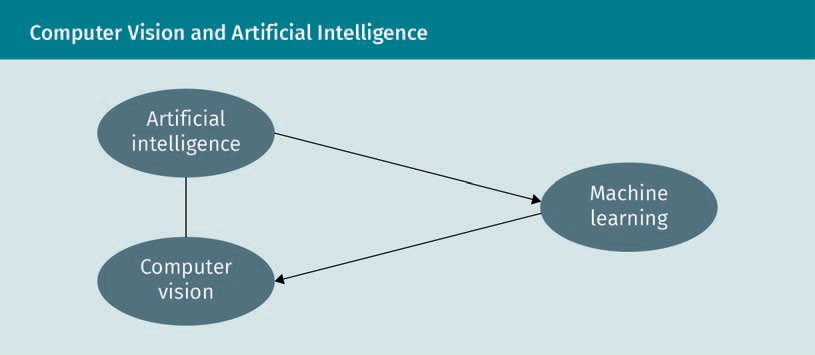
###### Einblicke in die Verarbeitung natürlicher Sprache

Das Verstehen natürlicher Sprache basiert auf zahlreichen Bestandteilen, wie Syntax, Semantik oder Spracherkennung. Die Unterscheidung der einzelnen nachfolgend aufgeführten Komponenten hilft uns, die Wissenschaft der natürlichen Sprachverarbeitung zu verstehen.

* Syntax
* Die Syntax beschreibt die Grammatik einer Sprache und insbesondere die vorgeschriebene Abfolge von Wörtern in Sätzen. Bei der Übersetzung zwischen zwei oder mehr Sprachen kommt natürlich mehr als eine Grammatik gleichzeitig ins Spiel.
* Semantik
* Die Semantik bezieht sich auf die Bedeutung von Wörtern. In der natürlichen Sprachverarbeitung beantwortet sie die Frage nach der Bedeutung und Interpretation eines Wortes in einem bestimmten Kontext.
* Spracherkennung
* Bei der Spracherkennung wird der aufgenommene Ton einer sprechenden Person in Text umgewandelt *(Speech-to-Text)*. Das genaue Gegenteil heißt *Text-to-Speech*. Speech-to-Text ist schwierig, weil die Spracherkennung mit Dialekten und einer sehr unterschiedlichen Aussprache zurechtkommen muss. Da die menschliche Sprache praktisch keine Pausen zwischen den Wörtern aufweist, haben Sprache-zu-Text-Systeme die schwierige Aufgabe, Wörter zu segmentieren, um so ganze Sätze zu verarbeiten.
  + Zusammenfassungen von Texten
    - Textzusammenfassungen erstellen lesbare Zusammenfassungen von Textmengen zu bekannten Themen. Akademische Vereinigungen oder Forschungsverbände veranstalten Jahrestagungen, auf denen zahlreiche Forschungsarbeiten vorgestellt werden. Diese Papiere können dann für Konferenzberichte zusammengefasst und analysiert werden.
    - In einem System zur Verarbeitung natürlicher Sprache laufen viele Prozesse ab. Die folgenden Beispiele zeigen eine Auswahl von Prozessen, die sowohl die Syntax als auch die Semantik betreffen.
  + Terminologieextraktion
    - Programme zur Terminologieextraktion analysieren Texte und zählen halbautomatisch häufig verwendete Wörter in vielen Sprachen. Die Häufigkeit bestimmter Begriffe sowie die Häufigkeit des gemeinsamen Auftretens mit anderen Begriffen kann wertvolle Hinweise auf das Thema eines Textes liefern.
  + *Part-of-Speech-Tagging* (POS-Tagging)
    - Über Part-of-Speech-Tagging kann festgestellt werden, welche Wortart ein bestimmtes Wort in einem Satz repräsentiert. Zum Beispiel kann das Wort Buchen ein Substantiv sein, wie in dem Satz „Meine Lieblingsbäume sind Buchen“, oder aber ein Verb: „Ich muss unsere Reise noch buchen“.
  + Parsing
    - *Parsing* (auf Deutsch etwa: Zerteilen) bezeichnet die grammatikalische Analyse eines Satzes oder einer Zeichenkette. In natürlichen Sprachen kann die Grammatik recht mehrdeutig sein, was zu Sätzen mit mehreren Bedeutungen führt. Beim *Dependency Parsing* (dependency: Abhängigkeit) werden Parse-Bäume mit inneren Knoten aufgebaut, d. h. mit nicht-terminalen grammatischen Objekten, die weiter zerlegt werden müssen, um zu den terminalen Knoten zu gelangen, welche die tatsächlichen Wörter im zerteilten (geparsten) Satz darstellen. Das *Constituency Parsing* baut den Parse-Baum allein auf der Basis der terminalen Knoten auf, ohne die Hilfe dazwischenliegender grammatikalischer Konstrukte.
  + Wortstammbildung
    - Das Ziel der Wortstammbildung ist es, abgeleitete Wörter auf ihren Ursprung zurückzuführen. Das Wort „öffnen“ kann zum Beispiel ein Substantiv (hier: substantiviertes Verb) sein, wie in „das Öffnen der Tür“. Es kann aber auch ein Verb sein, wie in „Sie öffnet ihm die Tür“. Die Wortstammbildung führt das Wort auf den Stamm „öffnen“ zurück.
  + Maschinelle Übersetzung
    - Die maschinelle Übersetzung zwischen zwei oder mehr natürlichen Sprachen gilt als besonders schwierig. Sie erfordert mehrsprachige Grammatikkenntnisse, Semantik und Fakten über eine oder mehrere Themengebiete.
  + Eigennamenerkennung
    - Eigennamenerkennung ist die Aufgabe, Wörter als Namen von Personen, Objekten und Orten zu identifizieren. Die Großschreibung von Wörtern gibt Hinweise, ist aber zur Erkennung von Eigennamen allein nicht ausreichend. Zum Beispiel sind die grammatikalischen Regeln der Großschreibung im Englischen ganz anders als im Deutschen.
  + Beziehungsextraktion
* Bei der Beziehungsextraktion werden aus dem Text die Beziehungen zwischen benannten Objekten ermittelt, z. B. zwischen Vater und Sohn oder zwischen Mutter und Tochter.
* Stimmungsanalyse
* Die Stimmungsanalyse *(sentiment analysis)* zielt darauf ab, die vorherrschende Einstellung, den emotionalen Zustand oder auch die Stimmung des Autors anhand der Wortwahl zu erkennen.
* Disambiguierung (Begriffsklärung)
* Bei der Disambiguierung *(engl.: disambiguation)* von Wörtern in Sätzen geht es um die Mehrfachbedeutung von Wörtern. Dazu wird dem Computer ein Wörterbuch mit Wörtern und den dazugehörigen Bedeutungsoptionen zur Verfügung gestellt. Dies ermöglicht der natürlichen Sprachverarbeitung, die beste Wahl in einem bestimmten Kontext zu treffen. Es gibt jedoch immer wieder neue Situationen und Ausnahmen.
* Befragung und Beantwortung
* Das Beantworten von Fragen ist weit verbreitet und in kommerziellen Anwendungen sehr beliebt. Die Antworten können einfache Ja-/Nein-Alternativen mit einer bestimmten Ein-Wort-Antwort oder auch sehr komplex sein. Die Frage muss vom Computer verstanden werden, die Antwort aus Datenbanken extrahiert und dann in Form einer Antwort verbalisiert werden.

###### Computer-Vision

Für den Menschen ist es eine Selbstverständlichkeit, den Inhalt eines Bildes zu sehen und zu verstehen. Für Computer ist dies sehr schwierig, aber genau das ist das ultimative Ziel der Computer-Vision, also des Computer-Sehens. Computer-Vision soll Computern helfen, den Inhalt von Bildern genauso gut wie Menschen zu sehen und zu verstehen, wenn nicht sogar in einigen Fällen besser als Menschen. In diesem Sinne ist die Computer-Vision ein Teilbereich der künstlichen Intelligenz, der sich in das Schema unserer Studien einfügt, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:



Zum Erreichen maschinellen Sehens ist maschinelles Lernen erforderlich, damit der Inhalt von Bildern erkannt werden kann. Dieser Prozess ist zwar noch lange nicht perfekt, aber es wurden bereits erhebliche Fortschritte erzielt. Für den Menschen ist es ganz natürlich, zu sehen und zu wissen, was er sieht.

Menschen können den Informationsgehalt eines Bildes oder von bewegten Bildern leicht beschreiben und das Gesicht einer Person erkennen, die sie schon einmal gesehen haben. Mit Hilfe von Computer-Vision soll Maschinen beigebracht werden, genau das auch zu erreichen.

Die Entwicklung der Computer-Vision ist nicht nur von reinem akademischen Interesse. Sie hat viele wichtige praktische Anwendungen, die erhebliche Marktchancen und Verbesserungen der Lebensqualität versprechen. Sie birgt aber auch erhebliche Risiken. Computer-Vision-Techniken werden beispielsweise beim halbautonomen Fahren, bei der Steuerung von Robotern, in der Überwachungstechnik und bei der medizinischen Bildanalyse eingesetzt.

###### Bildakquisition und Signalverarbeitung

Konzeptionell sind die Erfassung von Bilddaten und die Anwendung von Signalverarbeitungsoperationen wie z. B. Filterung, Glättung oder ähnliche Bildmanipulationstechniken vom Sehen zu unterscheiden, wobei letzteres als kognitive Interpretation des Bildinhalts definiert ist. In diesem Abschnitt werden wir daher die Bilderfassung beim menschlichen Sehvorgang und bei der Computer-Vision untersuchen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszuarbeiten.

Menschliches Sehen

Beim menschlichen Sehvorgang dringt das Licht in die Hornhaut des Auges ein, den durchsichtigen Bereich an der Vorderseite des menschlichen Auges. Die Hornhaut hat eine verstellbare Pupille, mit der die in das Auge eintretende Lichtmenge gesteuert wird. Hinter der Pupille befindet sich eine längliche Linse mit einer anpassbaren Krümmung. Diese Anpassung erfolgt durch Anspannen oder Lockern der daran befestigten Muskeln. Eine schwache Krümmung ermöglicht das scharfe Sehen weit entfernter Objekte. Umgekehrt werden mit einer stärker gekrümmten Linse nahe Objekte scharfgestellt. Der innere Augapfel besteht aus einer gallertartigen Substanz, dem Glaskörper, durch die das Licht in die Netzhaut gelangt. Die Netzhaut befindet sich am Ende des Augapfels und enthält Millionen von Lichtrezeptorzellen, die Zapfen und Stäbchen. Diese Zellen erkennen Lichtsignale und wandeln sie in elektrische Signale um, die über den Sehnerv ins Gehirn geleitet werden. Der Prozess der Umwandlung von Licht in elektrische Signale wird als Signaltransduktion bezeichnet. Diese Signale werden vom Gehirn interpretiert, wodurch ein Verständnis für den Bildinhalt entsteht.

Kamera-Vision

Das technische Gegenstück zum Auge ist die Kamera. Die Kameratechnik hat eine lange Geschichte, die mit der *Camera obscura* bis in die Antike zurückreicht. Im Folgenden stellen wir die wichtigsten Fortschritte im Bereich der Kamera-Vision vor.

Lochkameras

Anders als das menschliche Auge und alle herkömmlichen Fotokameras haben Lochkameras kein Objektiv. Sie bestehen aus einem versiegelten Kasten mit einer kleinen Öffnung, durch die Licht eindringen kann. Das einfallende Licht projiziert ein auf dem Kopf stehendes Bild des Motivs vor der Blende auf die Rückwand der Kamera. Bei diesem Verfahren wird die Tatsache ausgenutzt, dass sich Licht (über kurze Entfernungen) in geraden Linien (Strahlen) ausbreitet.

Filmkameras

Filmkameras unterscheiden sich von Lochkameras dadurch, dass sie ein Objektiv haben, durch welches das Licht dringen muss, sowie einen fotografischen Film, der sich in einem abgedichteten Gehäuse befindet und durch das einfallende Licht belichtet wird. Chemische Reaktionen verändern das Material der Folie, wodurch das Bild festgehalten wird. Ein Objektiv eröffnet die Möglichkeit der dynamischen Fokussierung und der Verbesserung der Bildqualität.

Digitale Kameras

In Digitalkameras wird anstelle eines fotografischen Films ein Lichtsensor verwendet. Das Licht fällt durch ein Objektiv und wird so auf einen Sensorchip projiziert, der seinerseits das Bild in Form von Millionen einzelner Elemente festhält, den sogenannten Bildpunkten oder Pixeln (verkürzt von engl. *picture element*). Diese Millionen von Pixeln bilden die Funktion von Millionen lichtempfindlicher Zellen auf der Netzhaut des menschlichen Auges nach. Ein digitales Bild kann dann als eine Reihe von Pixel-Kennzahlen definiert werden, die Lichtintensität und Farbe repräsentieren. Sie können anschließend mit Bildbearbeitungsprogrammen bearbeitet werden.

###### Computer-Vision – Von Merkmalen zum Verstehen von Bildern

Bereits mit einem einfachen Gedankenexperiment lässt sich zeigen, dass eine direkte Zuordnung von pixelbasierten Bildinhalten zu einer semantisch sinnvollen Bildinterpretation nicht möglich ist. Wir stellen uns zu diesem Zweck ein sehr einfaches Motiv vor, das aus einem einzigen Objekt vor einem gleichmäßigen einfarbigen Hintergrund besteht. Wir stellen uns vor, wie sich die Pixelwerte ändern, wenn sich die Ausrichtung des Objekts ändert, der Kamerazoom variiert wird oder verschiedenfarbige Lampen zur Beleuchtung des Motivs verwendet werden. Ein bedeutender Teil jeder Bildverarbeitungspipeline besteht aus der Extraktion auffälliger Bildmerkmale, die über der Abstraktionsebene des Pixels liegen. Typische Beispiele für solche Merkmale sind Kanten (Stellen mit einer ausgeprägten Veränderung der Pixelwerte), Ecken (Stellen, an denen zwei oder mehr Kanten zusammentreffen oder eine Kante schnell ihre Richtung ändert), Flecken (einheitliche Teilbereiche in einem Bild) und Grate (die Symmetrieachsen).

Diese Bildmerkmale liefern den Input für die Verfahren der Mustererkennung und des maschinellen Lernens, die zur Ableitung semantisch interessanter Bildinhalte eingesetzt werden. Dazu gehören zum Beispiel die Erkennung von Nummernschildern und Verkehrszeichen für die Sicherheit, das autonome Fahren, von Gesichtern zur Sortierung von Fotosammlungen einer Person oder auch zur Entdeckung von bösartigem Gewebe in der medizinischen Bildgebung.

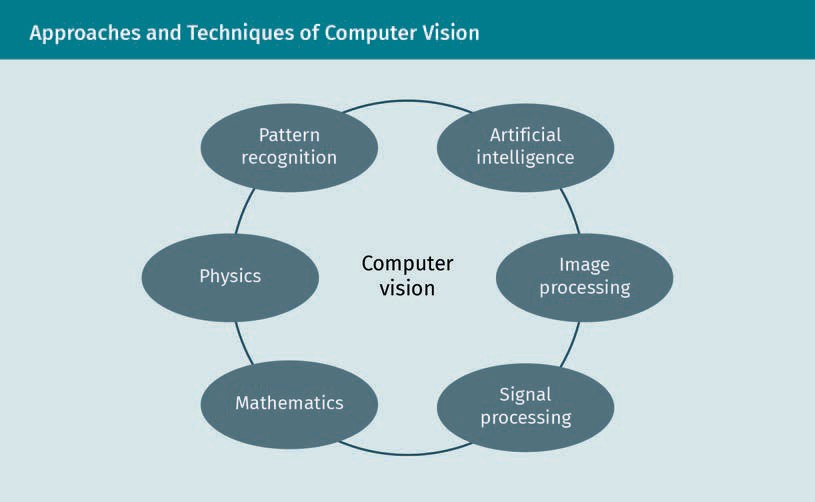
Eine typische Bildverarbeitungspipeline umfasst daher die folgenden Schritte:

* Ein Bilderfassungsmechanismus, z. B. eine Digitalkamera, wird verwendet, um ein Bild in einer für die weitere rechnerische Verarbeitung geeigneten Form zu erfassen.
* Mit Hilfe von Techniken aus dem Bereich der Signal- und Bildverarbeitung, wie z. B. Schärfung oder Kontrastverbesserung, kann die Eignung für nachfolgende Verarbeitungsschritte verbessert werden.
* Auf der Grundlage des Pixelinhalts des Bildes werden Bildmerkmale auf höherer Ebene extrahiert, um von den rohen Pixeldaten zu abstrahieren.
* Die so gewonnenen übergeordneten Merkmale werden über Mustererkennung und maschinelles Lernverfahren verarbeitet, um semantisch bedeutsame Bildinhalte abzuleiten.

Camera obscura

Dies ist ein natürliches optisches Phänomen, das auftritt, wenn ein Bild durch ein kleines Loch in einer Leinwand oder einer Wand projiziert wird und auf der Oberfläche gegenüber der Öffnung ein umgekehrtes und auf dem Kopf stehendes Bild entsteht. Eine Lochkamera basiert auf demselben physikalischen Prinzip.

Die Computer-Vision ist daher eine Disziplin, die Methoden, Ansätze und Techniken aus zahlreichen Wissenschaftsbereichen nutzt, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.



Zusammenfassung

Diese Lektion hat dargestellt, wie sich die Technologien der künstlichen Intelligenz und der Informatik gleichzeitig weiterentwickelt haben. Techniken zur verteilten Datenspeicherung und -verarbeitung haben den Fortschritt im Bereich der künstlichen Intelligenz entscheidend vorangebracht. Das Cloud-Computing hat die Kosten für Daten und deren Verarbeitung gesenkt und gleichzeitig eine nahtlose und bedarfsorientierte Skalierung der Rechen- und Datenspeicherressourcen ermöglicht. Diese Kostensenkungen haben in Verbindung mit den Erkenntnissen und dem Wissen, das durch künstliche Intelligenz gewonnen wird, das Wirtschaftswachstum vorangetrieben.

Zum einen hat sich die Geschichte der Forschung im Bereich der künstlichen Intelligenz hauptsächlich auf die Nachahmung von kognitiven Fähigkeiten konzentriert, die in ihrer Aufgabenspezifität hochspezialisiert sind (enge künstliche Intelligenz). Andererseits fasziniert und beschäftigt das Ziel, die gesamte Bandbreite und den Reichtum menschlicher kognitiver Fähigkeiten (allgemeine künstliche Intelligenz) zu reproduzieren, weiterhin Philosophen und Philosophinnen und Forscher:innen im Bereich der künstlichen Intelligenz gleichermaßen. Computer-Vision und die Verarbeitung natürlicher Sprache sind zwei hochprofessionelle KI-Anwendungsbereiche, die den Markt mit Innovationen durchdrungen haben, die nach wie vor sehr gefragt sind. Diese Anwendungen tragen zum menschlichen Wohlergehen bei und stellen gleichzeitig eine große ethische und politische Herausforderung dar.



# Lektion 5

## Anwendungen der künstlichen Intelligenz

#### STUDIENZIELE

Nach Abschluss dieser Lektion werden Sie gelernt haben,

... wie Techniken der künstlichen Intelligenz die kommende Mobilitätsrevolution unterstützen werden.

... durch welche Möglichkeiten Medizin und Gesundheitswesen von künstlicher Intelligenz profitieren können.

... zwischen der Vielzahl von Möglichkeiten zu unterscheiden, wie künstliche Intelligenz zur Unterstützung aktueller Finanzprozesse und zur Ermöglichung völlig neuer Geschäftsmodelle im Finanzsektor genutzt wird.

... wie künstliche Intelligenz im Einzelhandel eingesetzt wird, um Arbeitsabläufe zu automatisieren, Lieferketten zu optimieren und Dienstleistungen auf den Kunden zuzuschneiden.

DL-E-DLMAIAI01-U0

5

1. Anwendungen der künstlichen Intelligenz

### Einführung

Obwohl die künstliche Intelligenz als wissenschaftliche Disziplin mit den Entwicklungen in anderen wissenschaftlichen Disziplinen zusammenhängt, ist sie nicht nur ein Thema von akademischem Interesse. Um die weitreichenden Auswirkungen der künstlichen Intelligenz auf die Wirtschaft und die Gesellschaft als Ganzes zu verdeutlichen, widmet sich diese Lektion den Anwendungen der künstlichen Intelligenz. Wir beginnen mit dem Schwerpunkt Mobilität, gefolgt von Medizin, Banken und Finanzdienstleistungen sowie dem Einzelhandel.

### Mobilität und autonome Fahrzeuge

Zukünftige Trends in der Mobilität

Dies wird gemeinhin als intelligente Mobilität bezeichnet: Eine vernetzte Form der Mobilität, die Daten und künstliche Intelligenz nutzt, um verschiedene Verkehrsmittel miteinander zu verbinden. Dazu gehören auch Car-Sharing und autonome, selbstfahrende Fahrzeuge.

Unter Mobilität verstehen wir die Art und Weise, wie sich Menschen und ihre Güter heute und in Zukunft von A nach B bewegen. Dieser Abschnitt befasst sich daher mit der Rolle der künstlichen Intelligenz bei den folgenden künftigen Mobilitätstrends:

* Car- und Ride-Sharing sowie der allgemeine Trend weg vom individuellen Autobesitz,
* die Entwicklung von autonomen, mit Sensoren ausgestatteten Fahrzeugen zur Unterstützung der fahrerlosen Mobilität,
* Fortschritte bei der Vernetzung verschiedener Verkehrsmittel wie Züge, Straßenbahnen und Busse, die eine nahtlose Reise über mehrere Transportmittel hinweg ermöglichen.

Wirtschaftliche und soziale Kräfte haben in Verbindung mit künstlicher Intelligenz und Technik einen raschen Wandel in der Mobilität bewirkt, der sie schneller, billiger, sicherer und effizienter macht. Es gibt zwei Ansichten darüber, wie diese Revolution der Mobilität weitergehen wird. Die einen meinen, der Wandel käme graduell, die anderen glauben, er würde disruptiv werden, also vieles sehr schnell und stark verändern. Das Argument für den graduellen Wandel ist, dass die Industrie die aktuellen Anlagen so lange nutzen will, bis sie vollständig abgeschrieben sind. Parallel wird sie neue Technologien wie selbstfahrende Autos erproben und testen. Diese Politik ist bereits auf dem Neuwagenmarkt sichtbar. Neue Autos werden mit selbstfahrender Technologie ausgestattet, ohne dass sich die seit mehr als hundert Jahren bestehende Beziehung zwischen Fahrer und Auto ändert. Daher werden viele der in Autos eingebauten Selbstfahrtechnologien bereits erprobt und getestet worden sein, wenn selbstfahrende Autos auf den Markt kommen. Für die intermodale Mobilität, d. h. für Reisen, die zwei oder mehr Verkehrsmittel pro Fahrt erfordern, wie z. B. Bus und Bahn, muss die künftige Unterstützung des Mobilitäts-Ökosystems viel ausgefeilter sein als heute. In naher Zukunft werden neue Unternehmen mit neuen Dienstleistungen, Lösungen und Produkten auf den Markt kommen, die mehrere Mobilitätsarten ermöglichen. Außerdem muss die Mobilität nahtlos integriert, zuverlässig, günstiger und weniger verschwenderisch sein, als dies derzeit bei einzelnen Automobilen der Fall ist.

###### Bedeutung der erweiterten Mobilität

Die Art der Mobilität wirkt sich in weitreichender Weise auf die nationale und globale Wirtschaft aus. Denken wir nur an die Auswirkungen der Technologie des autonomen Fahrens auf den Automobilbau. Vollautomatisierte Fahrzeuge können rund um die Uhr an sieben Tagen in der Woche in Betrieb sein. In Verbindung mit einem Konzept für die gemeinsame Fahrzeugnutzung bedeutet dies, dass die Mobilitätsbedürfnisse der Verbraucher mit weitaus weniger Fahrzeugen befriedigt werden können. Infolgedessen dürfte der Besitz eines Autos immer unattraktiver werden, was zu einem erheblichen Rückgang der Autoverkäufe führen wird. Autovermietungen, Lkw-Vermietungen, Taxibetriebe und Parkhäuser werden daher wahrscheinlich einen Umbruch erleben. Im Vergleich zu Autos mit Verbrennungsmotoren benötigen Elektroautos nur ein Fünftel der Teile, die für die Produktion benötigt werden, und sind daher viel einfacher herzustellen und zu warten (Woolsey, 2018). Das Wort „Teile“ bezieht sich auf vormontierte Komponenten. Das Getriebe ist bei Elektroautos nicht vorhanden, weil Elektromotoren genügend Drehmoment an jedes Rad bringen.

Ein Ziel des autonomen Fahrens ist die Verringerung von Unfällen und Verletzungen, was sich positiv auf Notaufnahmen in Krankenhäusern und Versicherungsprämien auswirken wird. In den Vereinigten Staaten werden Infrastrukturprojekte wie Straßeninstandhaltung und Brückenreparaturen durch eine Kraftstoffsteuer finanziert, die auf jede im Einzelhandel gekaufte Gallone (3,79 l) Benzin erhoben wird. Die Steuern werden sowohl auf Staats- als auch auf Bundesebene erhoben, und alle Mittel werden in öffentlichen Treuhandfonds angelegt und verwaltet. In anderen Ländern gelten andere, aber ähnliche Finanzierungssysteme für die öffentliche Infrastruktur. Da weniger Autos Benzin verbrauchen, wird sich diese Form der Besteuerung verändern. Da immer weniger Autos im Besitz von Einzelpersonen sind, werden sich die Gebührenstrukturen für die Zulassung in Zukunft wahrscheinlich ebenfalls ändern.

###### Weitere Überlegungen zur Mobilität

Neue Mobilitätslösungen können von öffentlichen Transportkapseln in vorwiegend städtischen Gebieten bis hin zu individuell angepassten, in persönlichem Besitz befindlichen, und von einem Fahrer gesteuerten Autos mit Selbstfahrfunktionen reichen. Neue Fahrzeugmerkmale bieten neue Verkaufschancen, darunter auch Werbung und Unterhaltungsinhalte. Sie ermöglichen fahrzeuginterne Dienste wie Navigation und Datenanalyse über das Fahrzeug und seinen Besitzer, unabhängig davon, ob es sich bei dem Besitzer um einen Menschen oder ein Leasingunternehmen handelt. Obwohl viele dieser Funktionen bereits genutzt werden, gibt es noch Raum für Verbesserungen und neue Angebote. Kommerzielle Produkt- und Dienstleistungsanbieter werden sich bemühen, Mobilität sicher, angenehm und kostengünstig zu gestalten. Andererseits könnten sich zu viele Ablenkungen und eine zu hohe Komplexität, die das neue Mobilitäts-Ökosystem mit sich bringt, mit der Zeit sowohl für den durchschnittlichen Fahrer als auch für seine Fahrgäste als zu anstrengend erweisen. Unser heutiges Mobilitäts-Ökosystem besteht aus Straßen, Flughäfen, Bahnhöfen, Verkehrsregeln und Brücken. Das künftige Mobilitätssystem könnte noch eine weitere Komponente enthalten, nämlich Daten. Kommunikationssignale zwischen Fahrzeugen in Bezug auf ihre Umgebung bieten ein reichhaltiges Umfeld für maschinelles Lernen.

###### Die Beziehung zwischen künstlicher Intelligenz und Automobilen

Die Automobilindustrie bringt autonomen Fahrzeugen das Fahren bei, bevor ihr eigenständiger Betrieb auf öffentlichen Straßen zugelassen ist. Einige mechanische Aspekte des selbständigen Fahrens wie Beschleunigen, Bremsen und Lenken sind schon seit einiger Zeit möglich. Neu ist jedoch die Fähigkeit der künstlichen Intelligenz, des „Gehirns“, all die verschiedenen Variablen zu verknüpfen, um rechtzeitig praktische Entscheidungen zu treffen. Viele Automobilhersteller, Zulieferer und Automobil-Startups entwickeln selbstfahrende Autos. Für die Erreichung der erforderlichen Fähigkeiten wird eine breite Palette von Technologien eingesetzt, darunter Radar, hochauflösende Kameras, GPS und Cloud-Dienste.

Tesla, das Paradebeispiel für einen neuen und herausfordernden Akteur im Automobilbereich, bietet dem Fahrer Komfort in Verbindung mit persönlichen Handy-Kalendern und auf künstlicher Intelligenz basierender vorausschauender Fahrzeugwartung. Viele der heute im Handel erhältlichen Fahrzeuge verfügen über Funktionen und Assistenten für das selbständige Fahren, wie z. B. Kollisionswarnungen, Fußgängerwarnungen und automatisches Bremsen bei einer Geschwindigkeit von unter 50 Meilen pro Stunde (80 km/h). Tesla verfügt insbesondere über ein Vorwärtsradar mit einer Reichweite von bis zu 160 Metern und eine 360-Grad-Objekterkennung. Diese Funktionen werden den Verbrauchern als Vorstufe des autonomen Fahrens schrittweise vorgestellt.

Technologien der künstlichen Intelligenz beeinflussen die Automobilindustrie in einer Weise, die zu einem späteren Zeitpunkt die nächste Phase der Mobilität einläuten könnte. Die folgenden Funktionen veranschaulichen diesen Trend:

Funktionsweise des Fahrens

Die derzeit auf dem Markt befindlichen Autos sind mit zahlreichen Fahrerassistenzsystemen wie Rückfahrkameras und Sensoren ausgestattet. Diese Funktionen sind die Vorstufe zum selbstfahrenden Auto. Die selbstfahrende Technologie muss sich in Gefahrensituationen als zuverlässig und vertrauenswürdig erweisen, damit die Verbraucher schließlich selbstfahrende Fahrzeuge akzeptieren. Die Datenerkennung im Verbund mit benachbarten Fahrzeugen im Straßenverkehr bedeutet mehr Sicherheit, weil sie den Einfluss von Emotionen auf die menschliche Entscheidungsfindung verringert. Beim Manövrieren durch den Stadtverkehr können selbstfahrende Fahrzeuge Staus vermeiden, indem sie ihre gesamte Umgebung berücksichtigen. Darüber hinaus wird autonomes Parken demnächst auch in den aktuellen Neuwagenangeboten enthalten sein.

Kontrolle des Fahrers

Die umstrittene Gesichtserkennungstechnologie ist bei der Überprüfung des Fahrers nützlich: Sie erkennt Anzeichen von Ablenkung und Schläfrigkeit auf Bildern, die von Kameras in der Nähe des Fahrers aufgenommen werden. Schläfrigkeit lässt sich an der Kopfhaltung des Fahrers und daran erkennen, wie weit die Augen geöffnet sind. Durch Prüfung der Pupillenerweiterung, die den Lichteinfall in das Auge reguliert, können Hinweise auf einen bedenklichen Zustand des Fahrers gewonnen werden. Erweiterte Pupillen können verschiedene Ursachen haben, darunter viele Arten von Sehbehinderung. Die Ursachen reichen von dysfunktionalem menschlichen Verhalten bis hin zu bestimmten Erkrankungen. Drogenkonsum bringt ebenfalls Risiken mit sich, z. B. wenn sich das Auge nicht schnell genug von den hellen Lichtern eines entgegenkommenden Autos erholt, und der Fahrer deshalb nicht rechtzeitig reagieren kann.

Cloud-Computing

In autonomen Fahrzeugen wird auch Cloud-Computing eingesetzt. Zur sofortigen Umgebungserfassung benötigen Navigationssysteme große Mengen an Computerressourcen. Leistungssteigernde Software-Updates für selbstfahrende Autos können über die Cloud heruntergeladen werden. Während die Software das Auto steuert, werden in der Cloud Fahrdaten gespeichert, so dass mit der Zeit immer mehr Muster erkannt werden können.

Bürokratie bei autonomen Fahrzeugen

Die mit selbstfahrenden Fahrzeugen verbundene Bürokratie betrifft die Unfallhaftung und die Versicherung – auch wenn das Risiko von Fahrzeugunfällen voraussichtlich sinken wird. In den Vereinigten Staaten beispielsweise lag die Zahl der Verkehrstoten im Jahr 2019 deutlich unter 40.000, viel niedriger als in den späten 1960er bis frühen 1970er Jahren. Damals gab es um die 50.000 Verkehrstoten, obwohl die Bevölkerungszahl und die Zahl der gefahrenen Kilometer geringer waren (National Center for Statistics and Analysis, 2019). Autonomes oder bereits assistiertes Fahren kann zu weniger Unfällen führen. Die Versicherungstarife werden sinken, und die Versicherungswirtschaft wird versuchen, durch einen Ausgleich ihre Einnahmen zu erhalten. Die Haftung für durch selbstfahrende Fahrzeuge verursachte Unfälle, wird durch das Rechtssystem, die Rechtsprechung und die Gesetzgebung geregelt werden. Eine Möglichkeit zur Regelung der Haftungsfragen besteht darin, dass die Haftung beim eingetragenen Eigentümer des selbstfahrenden Autos verbleibt.

###### KI-unterstützte Mobilität im Fahrzeug

Für das Sehen benötigt eine künstliche Intelligenz Kameras. Eine KI muss aber auch in der Lage sein, das Gesehene zu identifizieren und im Zusammenhang mit dem gesamten Kontext zu beurteilen. Die Kameras im Inneren eines Fahrzeugs können den Fahrer und die Insassen anhand ihres Geschlechts und ihres geschätzten Alters identifizieren. Das Ziel der Fahrerüberprüfung besteht darin, den Grad seiner Aufmerksamkeit einzuschätzen.

Zu den messbaren Gesichtsbewegungen gehören die folgenden:

* + Wie oft die Augen geöffnet sind (98 % sind normal).
  + Blinzelhäufigkeit (16 Blinzelbewegungen pro Minute sind normal).
  + Grad der Pupillenerweiterung (die durchschnittliche Weite liegt zwischen 4,0 mm und 8,0 mm).
  + Position des Kopfes, die auf Ablenkung hinweisen kann.

Im Inneren des Fahrzeugs können unter anderem folgende Elemente gemessen werden:

* + Ob die Sicherheitsgurte angelegt sind oder nicht.
  + Die Körperhaltung des Fahrers.
  + Gesichtserkennung des Fahrzeughalters oder eines anderen berechtigten Fahrers.

Um Ablenkungen zu vermeiden, wie z. B. das Einschalten des Radios oder Telefonieren, kann die Technologie auch eine Gestensteuerung für häufige Aktionen des Fahrers bieten. Ob all diese mit künstlicher Intelligenz ausgestatteten Technologien in den Fahrzeugen Einzug halten werden, hängt von ihrer Marktakzeptanz ab, die sich nach dem Marktpreis und dem Komfort richtet, den sie den Verbrauchern bieten.

### Personalisierte Medizin

Ausreißer  
Dies ist ein statistischer Begriff für einen Messwert, der weit außerhalb des Bereichs der anderen Messwerte liegt.

In der gesamten Medizingeschichte wurde die Patientenversorgung als eine wachsende Wissensbasis für die Entwicklung von Behandlungsleitlinien betrachtet, wobei einige alte Regeln im Laufe der Zeit verworfen und durch neue ersetzt wurden. Die Medizin beruht seit jeher auf dem Grundsatz, dem leidenden Patienten zu helfen, d. h. keinen Schaden anzurichten, wobei die medizinischen Regeln auf Daten, Erfahrung und Experimenten beruhen. Diese Grundsätze sind auch heute noch gültig. Die Menschen wollen aus Daten weiterhin Erkenntnisse gewinnen, Experimente, wie z. B. klinische Studien, durchführen und die Ergebnisse beurteilen. Im Bereich der Medizin findet ein digitaler Wandel statt. Vor der digitalen Transformation beruhte die medizinische Praxis auf der Beobachtung, dass häufige Krankheiten gemeinsame Merkmale haben und dass die meisten Patienten auf gängige Heilmittel gut ansprechen. Während die meisten Patienten wirksam behandelt wurden, führte dieser Ansatz bei statistischen Ausreißern auf beiden Seiten der Normalverteilungskurve zu potenziellen Problemen. Bei einigen Patienten sind die verordneten Behandlungen unwirksam, bei anderen haben die verordneten Behandlungen negative Folgen. So ist es zum Beispiel nach wie vor üblich, Kopfschmerzen mit Aspirin zu behandeln. Wiederholte und starke Kopfschmerzen können jedoch eine andere Ursache haben, die ein anderes Behandlungsregime erfordert.

Das digitale Gesundheitsmanagement ruht auf vier Säulen:

* Früherkennung führt zur Prävention. Das medizinische Ziel ist es, die Anzeichen einer sich anbahnenden Krankheit frühzeitig zu erkennen und sie ganz zu verhindern. Einige Erkennungsmechanismen arbeiten mit Datenpunkten auf Bildern im Nano-Bereich. Methoden der Mustererkennung durch künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen unterstützen diese Praxis.
* Die Personalisierung lehnt ältere medizinische Paradigmen ab, die ein allgemeines Behandlungsregime für alle Patienten vorschreiben, bei denen das gleiche Leiden diagnostiziert wird. Sie erkennt an, dass alle Menschen, zumindest auf genetischer Ebene, unterschiedlich sind und von einem stärker personalisierten Behandlungsansatz profitieren können. Mit anderen Worten: Es gibt keine Pauschallösung für alle.
* Die Präzisionsmedizin berücksichtigt die genetische Veranlagung eines Menschen ebenso wie sein Umfeld und seinen Lebensstil. Auch hier verbessern Mustererkennung und maschinelles Lernen das medizinische Urteilsvermögen hin zu größerer Präzision.
* Evidenzbasierte versus erfahrungsbasierte Ansätze beschreiben den Unterschied zwischen der medizinischen Praxis zu Beginn des letzten Jahrhunderts. Diese basierte auf der mühsamen und langsamen Methode von Versuch und Irrtum, wohingegen die heutige medizinische Praxis davon ausgeht, dass klinische Studien in Kombination mit Erfahrung zu guten Entscheidungen führen.

So wie sich die Rechenleistung parallel zur künstlichen Intelligenz entwickelt, gehen auch die Fortschritte in der Präzisionsmedizin mit der künstlichen Intelligenz einher. Ein Beleg für die „schwache“ künstliche Intelligenz in der Präzisionsmedizin ist eine kürzlich durchgeführte Studie im Bereich der biomedizinischen Bildgebung. Diese zeigte, dass ein Algorithmus eine höhere Erfolgsquote (92,5 %) hatte als ein Pathologe (96,6 %). Die kombinierte Erfolgsquote von Algorithmen und Pathologen bei denselben Daten betrug 99,5 %. Dies entspricht einer Verringerung der menschlichen Fehlerquote um 85 % (Wang, Khosla, Gargeya, Irshad & Beck, 2016).

###### Beispielliste von Unternehmen, die künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen und in der Medizin einsetzen

Die folgende Liste gibt einen Überblick darüber, wie neue, durch künstliche Intelligenz unterstützte medizinische Innovationen von verschiedenen Unternehmen und Startups entwickelt werden.

* + Google DeepMind, London, Vereinigtes Königreich
* Google DeepMind ist auf die Auswertung medizinischer Daten zur wissenschaftlichen Entdeckung und Entwicklung von Behandlungsmöglichkeiten für Augenkrankheiten spezialisiert.
  + Verily, San Francisco, Kalifornien
* Verily ist ein mit Alphabet/Google verbundenes Unternehmen im Bereich der Biowissenschaften mit Schwerpunkt auf gesundheitsbezogenen Daten über Wearable-Sensoren, Überwachung des Blutzuckerspiegels und Sehkorrektur zum Zwecke der Krankheitsfrüherkennung.
  + IBM Watson-Supercomputing-Zweig von IBM, Armonk, New York
* IBM Watson ist auf die Auswertung medizinischer Daten spezialisiert, um die Erstellung von Modellen für die Entstehung und Entwicklung von Krankheiten zu erleichtern. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Forschung im Bereich der visuellen Erkennung von Emotionen und Empathie.
  + Careskore, 2014, Union City, Kalifornien
* Dabei handelt es sich um eine softwarebasierte Plattform, die als Software-as-a-Service (SaaS) bereitgestellt wird und sich auf das klinische und finanzielle Risikomanagement im Gesundheitswesen konzentriert. Zahlungen erhält das Unternehmen in Form von Gebühren, die vom Ergebnis abhängen.
  + Zephyr Health, 2012, San Francisco, Kalifornien
* Zephyr Health identifiziert Therapien und ist auf die Kombination unterschiedlicher Big-Data-Quellen spezialisiert, um so Erkenntnisse für Life-Science-Unternehmen zu gewinnen. Das Computersystem basiert auf Cloud-IT.
  + Sentrian, 2012, Aliso Viego, Kalifornien
* Sentrian ist eine Gesundheitsplattform für die Fernbetreuung von Patienten, die sich auf die Erkennung von statistischen Ausreißern konzentriert, um Risikofaktoren zu identifizieren. Abweichende Fälle werden unter Bezugnahme auf die allgemeinen Gesundheitsdaten der gesamten Bevölkerung bewertet.
  + 3Scan (mittlerweile Transcriptic), 2010, San Francisco, Kalifornien
* 3Scan ist ein IT-Unternehmen, das im Bereich der Diagnostik schwerer Erkrankungen tätig ist und Scans in 2D und 3D erstellt. Es sammelt Daten direkt von Mikroskopen unter Verwendung von Neurowissenschaften und Robotertechnologien.
  + Enlitic, 2014, San Francisco, Kalifornien
* Enlitic ist auf Radiologie spezialisiert. Mit Hilfe von Deep Learning aus klinischen Datensätzen wird die Diagnostik für Ärztinnen und Ärzte verbessert und es werden Softwarelösungen für die Früherkennung von Krankheitsbildern bereitgestellt. Die Daten basieren auf Bildern, Arztnotizen und Triage-Daten.
  + Arterys, 2007, Unternehmensgründung der Stanford University, San Francisco, Kalifornien
* Arterys hat sich auf die Radiologie mit künstlicher Intelligenz spezialisiert, die eine Entscheidungsfindung auf der Grundlage von Bilddaten über Herzfunktionen, Lungenläsionen und kollaborative Tools ermöglicht. Das Produkt ist immer verfügbar und heißt CARDIO-AI. Das Unternehmen quantifiziert auch den Blutfluss.
  + - Atomwise, 2012, ein Konzernunternehmen von Charles River Laboratories, San Francisco, Kalifornien
* Atomwise konzentriert sich auf die Entwicklung von Arzneimitteln und bietet Forschungsdienstleistungen unter Einsatz künstlicher Intelligenz an. Das Unternehmen verlangt Gebühren für die Erreichung von Forschungsmeilensteinen und die Bereitstellung des Technologiezugangs.
  + - Deep Genomics, 2015, Toronto, Kanada
      * Deep Genomics bietet Dienstleistungen an, die auf künstlicher Intelligenz im Bereich der genetischen Medizin beruhen und neuronale Netze und maschinelles Lernen nutzen, um die genetischen Determinanten bestimmter Krankheiten aufzudecken. Das Unternehmen arbeitet zudem mit großen öffentlichen Datenbanken.

Es bleibt zu hoffen, dass das vertrauliche und vertrauensvolle Verhältnis zwischen Patientinnen und Patienten und Ärztinnen und Ärzten auf Dauer intakt bleibt. Durch die Präzisionsmedizin werden Patientinnen und Patienten in Zusammenarbeit mit ihren Ärztinnen und Ärzten in Zukunft individuellere Behandlungsentscheidungen treffen müssen. Dies kann als Vorteil angesehen werden, weil die Patientinnen und Patienten in der Lage sein werden, fundiertere Entscheidungen über ihre eigene Gesundheit zu treffen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Präzisionsmedizin im Hinblick auf eine fundierte Entscheidungsfindung von Ärztin und Arzt und Patientin und Patient die folgenden Vorteile bietet:

* + - Sie hilft bei der Identifizierung von Behandlungsoptionen, über die Ärztinnen und Ärzte und Patientinnen und Patienten gemeinsam entscheiden können (Mesko, 2017).
    - Patientensensoren, kostengünstige Genomsequenzierung und die digitale Krankengeschichte einer Patientin oder eines Patienten bieten eine umfangreiche Datenquelle für intelligente Entscheidungshilfen (Mesko, 2017).
    - Ein IBM-Programm namens *„Medical Sieve“* nutzt einen kognitiven Assistenten, der die persönlichen medizinischen Daten von Patientinnen und Patienten und unstrukturierte klinische Informationen wie digitale Notizen von Ärztinnen und Ärzten oder radiologische Bilder dazu nutzt, begründete Behandlungsoptionen anzubieten. Die künstliche Intelligenz trägt also mit ihren Argumentationsfähigkeiten zur Formulierung von Behandlungsoptionen bei (Mesko, 2017).

Mit der Präzisionsmedizin sind zwar bessere medizinische Ergebnisse zu erwarten, wahrscheinlich können jedoch medizinische Fehler nicht völlig ausgeschlossen werden. Hier kommt das Haftungsrecht ins Spiel. Ungeachtet der künstlichen Intelligenz dürften die Ärztinnen und Ärzte, ihr Personal und die sie unterstützenden Einrichtungen zusammen mit den Patientinnen und Patienten, die am Entscheidungsprozess beteiligt sind, stärker als vor der Entwicklung dieser neuen Technologie für medizinische Fehler haften.

Der Einsatz von KI-unterstützter Präzisionsmedizin kann dazu führen, dass durch die Automatisierung bestimmter standardisierter Laborarbeiten ein Teil des medizinischen Personals ersetzt wird. Der Einsatz der Präzisionsmedizin wird jedoch wahrscheinlich auch die Entwicklung weiterer Arten an Präzisionstests erfordern. Bei fast allen technologischen Umwälzungen gibt es Gewinner und Verlierer: Menschen, deren Qualifikationen nicht mehr gebraucht werden, werden durch Menschen mit neuen Qualifikationen ersetzt. Der Einsatz der Präzisionsmedizin wird zweifellos neue ethische Fragen aufwerfen, auf welche die Gesellschaft reagieren muss.

### FinTech

Der Begriff FinTech ist die Abkürzung für *Financial Technology.* FinTech umfasst allgemeine Analytik, künstliche Intelligenz und Software, wobei die Datenverarbeitung der gemeinsame Nenner ist. Im weitesten Sinne befasst sich FinTech mit Geschäftsmodellen und Abläufen im Finanzsektor, die mit Computern und Algorithmen abgewickelt werden.

Eine der Motivationen hinter FinTech ist es, die Finanzbranche kosteneffizienter zu machen. Bankgeschäfte betreffen u. a. die Kreditvergabe, den Zahlungsverkehr und die Geldanlage. Solche Geschäfte werden häufig von privaten Unternehmen abgewickelt. PayPal zum Beispiel wurde zu einem erfolgreichen, milliardenschweren Unternehmen, indem es den Zahlungsverkehr durch niedrigere Kosten, Effizienz und Sicherheit radikal veränderte. Goldman Sachs, eine etablierte Investmentbank, hat sich ebenfalls neu als Technologieunternehmen positioniert.

###### Das FinTech-Versprechen

FinTech verspricht eine Revolution auf dem Finanzsektor. Früher fanden Bankgeschäfte in imposanten Gebäuden statt. Kunden zahlten dort ihre Einlagen auf niedrig verzinste Konten ein, und die Banken verliehen diese Einlagen zu einem höheren Zinssatz weiter. Das FinTech-Versprechen lautet, dass die Betonburgen der Banken durch Elektronik ersetzt werden können. Tatsächlich kann das Geld selbst durch digitale Währungen ersetzt und der Tauschwert dann verbucht werden. Die meisten Transaktionen werden über mobile Endgeräte möglich sein.

###### Die FinTech-Realität

Die Realität der FinTech-Branche sieht so aus, dass der Wandel eher schrittweise vonstattengehen wird. Etablierte Finanzinstitute werden entweder im Wettbewerb mit Start-ups Innovationen einführen, Partnerschaften mit kleineren Unternehmen eingehen oder diese aufkaufen. Der Zusammenbruch etablierter Finanzinstitute wird nicht vorhergesagt. Gartner (2017) hat einen Hype-Informationszyklus für die FinTech-Branche entwickelt, in der auch verschiedene FinTech-Technologien ausgewertet werden.

###### FinTech-Produkt: Crowdsourcing

Im Rahmen dieses Studienskripts wollen wir uns auf die folgenden fünf FinTech-Produktkategorien beschränken: Crowdsourcing, Blockchain, Peer-to-Peer-Zahlungssysteme, Versicherungen und finanzielle Risiken sowie Robo-Advising. Wir definieren die Produkte im Hinblick auf die Bedürfnisse, die sie erfüllen, sowie ihre Funktionsweise.

Crowdsourcing

Das Wort „Crowdsourcing“ spricht für sich: es geht darum, dass andere kreative Aufgaben für uns erledigen. Das englische Wort Crowd steht hier für Menschenmenge oder auch manchmal Schwarm. Der Wert dieser Vorgehensweise liegt in der Tatsache begründet, dass die „Crowd“ in ihrer Gesamtheit mehr Einfallsreichtum zum Finden von Lösungen besitzt als der Auftraggeber für sich allein. Wenn sich mehr Köpfe über ein Problem Gedanken machen, werden mehr unterschiedliche Optionen in Betracht gezogen.

Dieses Konzept ist schon seit langem bekannt. *Das Oxford Dictionary* zum Beispiel wurde teilweise von Freiwilligen erstellt, genau wie die Wikipedia heute.

Im Hinblick auf FinTech werden Innovationen häufig durch Bedürfnisse und Möglichkeiten ausgelöst, die sich in einem Themengebiet ergeben. Aufgrund des grundlegenden Bedarfs an Stabilität und Vertrauen passen sich Banken traditionell nur langsam an den technologischen Wandel an. Im Jahr 2008 erlebte die Welt jedoch eine Finanzkrise, in der das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Banken schwand und sich Möglichkeiten für den Einsatz alternativer Bankmechanismen ergaben. Dieser Innovationsschub im Bankwesen lässt sich am besten anhand einiger Beispiele nachvollziehen.

Interne und externe Innovation

Unternehmen können sicherlich ihre eigenen Mitarbeiter:innen als die bestinformierte „Crowd“ für innovative Ideen nutzen. Dieses Konzept wurde früher als Vorschlagsbriefkasten bezeichnet, und in jüngerer Zeit wurde es durch „Kaizen“ veranschaulicht, durch das System der kontinuierlichen Verbesserung, das auch als der Toyota-Weg bekannt ist*.* In welcher Form auch immer, die Arbeitnehmer:innen sind die Personen, also die „Crowd“, die es am besten wissen.

Externe „Crowds“ werden von der breiten Öffentlichkeit gebildet. Ein Unternehmen stellt eine Forschungsfrage auf eine Plattform und bittet um Antworten von allen, die sie lesen. Die Leser antworten mit einer Lösung, weil sie sich für das Thema interessieren, Erfahrung haben oder einen Preis gewinnen wollen. Die externe Gruppe ist weitaus vielfältiger als die interne Gruppe der Mitarbeiter:innen und kann eher Vorschläge unterbreiten, die von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern übersehen werden könnten, weil sie zu nah am Problem sind. Das Unternehmen bietet finanzielle Anreize für die Gewinner. Die Plattform von InnoCentive (2019) ist ein Beispiel für diesen Ansatz.

Crowdlending

Crowdlending unterscheidet sich von Crowdsourcing dadurch, dass die Crowd bei der Kreditvergabe nicht um kreative Arbeit gebeten wird. Crowdlending ist als Peer-to-Peer-Kreditvergabe bekannt, bei der die Crowd die Finanzierung eines Investitionsprojekts übernimmt. Die so aufgebrachten Gesamtbeträge können relativ hoch sein, aber der Beitrag des Einzelnen ist angesichts einer großen Anlegerschar relativ gering. Der Prozess wird von einer Plattform wie Zopa (2019) verbucht und verwaltet. Die Plattform deckt auch Dividenden, Analysen und Dokumentationspflichten ab. Aus Sicht der FinTech-Branche ist in diesem Fall interessant, dass die traditionelle Rolle der Banken fehlt.

Kreditwürdigkeitsprüfung

Herkömmliche Bankkredite werden auf der Grundlage von verpfändeten Vermögenswerten des Kreditnehmers oder durch Bonitätseinstufungen auf der Grundlage des bisherigen Zahlungsverhaltens genehmigt und dann ausgezahlt. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz können nicht-traditionelle Datenquellen zur Berechnung der Kreditwürdigkeit genutzt werden. Die Plattform Lenddo (2017) zum Beispiel sammelt Verhaltensdaten aus sozialen Medien, um einen numerischen Index für die Kreditwürdigkeit eines potenziellen Kreditnehmers zu ermitteln. Da die Hälfte der Weltbevölkerung bald einen Internetanschluss haben wird, können die Kreditgeber damit eine größere Zahl potenzieller Kreditnehmer erreichen. Auch hier ist das Fehlen von großen Kreditbüros wie den amerikanischen Unternehmen Experian, Equifax und TransUnion oder der deutschen Schufa zu beachten.

Andere bekannte Crowdsourcing-Plattformen sind die folgenden:

* + Kickstarter (2019): Eine 2009 gegründete öffentliche Körperschaft mit Sitz in New York, die auf Kunst und Merchandising spezialisiert ist.
  + Patreon (2019): Ein in Kalifornien ansässiges, 2013 gegründetes Unternehmen, das als Mitgliederorganisation Geschäftsdienstleistungen für Künstler anbietet.
  + GoFundMe (2019): Eine in Kalifornien ansässige öffentliche Körperschaft, die Geld für verschiedene Projekte und Zwecke sammelt.

###### FinTech-Produkt: Digitale Währungen

Blockchains und Kryptowährungen sind aufstrebende Konzepte im FinTech-Bereich. Wir wollen zunächst zwei grundlegenden Definitionen betrachten.

1. Blockchain: Eine Blockchain ist ein digitales, dezentrales Hauptbuch (Ledger), das alle Transaktionen in einem Peer-to-Peer-Netzwerk, auch P2P genannt, aufzeichnet. Der Begriff „digital“ bezieht sich auf die elektronische Darstellung von Daten, und der Begriff „dezentral“ bezieht sich auf eine Datenbank, die gleichmäßig über das Netz verteilt ist. P2P ist eine Netzwerkarchitektur, in der die Teilnehmer (Peers) Aufgaben aufteilen, ohne dass ein zentraler Server für die Verwaltung des Prozesses erforderlich ist.
2. Kryptowährung: Kryptowährungen sind Währungen, die auf einem durch die Blockchain-Technologie bereitgestellten Ledger basieren. Sie werden verwendet, um Gelder außerhalb eines zentralisierten Bankensystems effizienter zu transferieren. Die Währungen, für die Bitcoin und Libra von Facebook Beispiele sind, werden durch Verschlüsselung erzeugt, daher der Name Kryptowährung. Das Verschlüsselungsverfahren soll die Sicherheit dieser Währungen gewährleisten und die Fälschung oder Veränderung von Transaktionen mit diesen Währungen erschweren. Eine solche Transaktionsveränderung ist das Problem der doppelten Ausgabe, bei der ein digitaler Token durch Kopieren vervielfacht wird. Die Konzepte, die Blockchains und Kryptowährungen zugrunde liegen, wurden erstmals in dem Artikel „Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System“ (Nakamoto, 2009) veröffentlicht.

Sowohl Blockchains als auch Kryptowährungen sind neue Konzepte und die Marktakzeptanz befindet sich noch in der Testphase. Ihre Verbindung zur künstlichen Intelligenz muss noch geklärt werden. Blockchain-Transaktionsdaten sind – wie alle Daten an Finanzbörsen – oft personenbezogen. Da die Geschichte jeder einzelnen Kryptowährungseinheit über Transaktionen hinweg verfolgt werden kann, ist sie eine ergiebige Quelle für die KI-basierte Netzwerkanalyse. So können Blockchain-Daten beispielsweise genutzt werden, um Betrug bei Finanztransaktionen aufzudecken.

###### FinTech-Produkt: Peer-to-Peer-Zahlungssysteme (P2P)

P2P-Netze sind konzeptionell einfache Plattformen. Aufgrund der Art des Geschäfts fällt P2P eindeutig in den Bereich FinTech. Nach Umfang und Bedeutung für die finanzielle Sicherheit zu urteilen, spielt die Informationstechnologie eine große Rolle. Ziel ist es, Geld zu überweisen oder eine Transaktion zwischen zwei oder mehr Parteien und ihren jeweiligen Konten aufzuteilen, häufig über ein mobiles Endgerät. Solche Transaktionen können vom gemeinsamen Essen unter Freunden bis zum Kauf von Waren und Dienstleistungen reichen. Der Verbraucher kann mit ein paar einfachen Schritten schnell loslegen:

* 1. Anmeldung bei einer P2P-Plattform wie PayPal.
  2. Verknüpfung eines Bankkontos oder eines Kreditkartenkontos mit der Plattform.
  3. Wählen eines Passworts und Beantworten einiger Sicherheitsfragen.
  4. Finden von Personen und Unternehmen für die anstehenden Geschäfte.

P2P haben sich als Finanzdienstleistung und als reichhaltige Datenquelle für Analysen und künstliche Intelligenz etabliert, weil die Transaktionen so einfach und schnell sind, und mittlerweile ein Handelsvolumen von 90 Milliarden US-Dollar erreicht haben.

Eng verwandt mit dem Crowdlending ist die P2P-Kreditvergabe, die von kleineren Start-ups angeboten wird und bei der das normale Kreditvergabeverfahren einer Bank umgekehrt wird. Üblicherweise vergibt eine Bank Gelder von Einlegern an Kreditgeber und steht dabei im Wettbewerb mit anderen Banken. Bei der P2P-Kreditvergabe bieten die Kreditgeber den Kreditnehmern im Wettbewerb mit anderen Kreditgebern Darlehen an. Solche Transaktionen werden über Plattformen abgewickelt, die sich um die Ablauf- und Vertragsdetails kümmern. Dadurch werden die Transaktionen sehr schnell abgewickelt.

Die Startup-Plattform PayPal wurde 1998 mit der Absicht gegründet, den Zahlungsverkehr zu revolutionieren, wobei eBay der Hauptkunde war. Von 2002 bis 2015 war PayPal im Besitz von eBay. PayPal ist heute eine globale Kraft im Zahlungsverkehr, ein Status, der auf Kosten der Banken erreicht wurde.

Per Definition gehören Zahlungsverkehrsplattformen zur FinTech-Branche. Die Aufdeckung von Betrug ist ein wichtiger Aspekt bei Geldgeschäften. Genauso wie Banken schon immer mit dem Bankraubrisiko konfrontiert waren, mussten auch FinTech-Institute in digitale Sicherheitsmaßnahmen investieren. Eines von mehreren Unternehmen, die KI-basierte Transaktionssicherheit anbieten, ist Simility (2019), eine Firma, die 2018 von PayPal übernommen wurde. Die Betrugserkennung war eine der frühesten kommerziellen Anwendungen der künstlichen Intelligenz, und die Mustererkennung war der Schlüssel dazu. So wurde beispielsweise das gesamte Ausgabeverhalten der Kreditkarteninhaber einer Bank mit Hilfe von maschinellem Lernen klassifiziert. Abweichungen vom normalen Verhalten wurden markiert, und die Kunden wurden entsprechend benachrichtigt.

###### FinTech-Produkt: Versicherung

Auch wenn die Versicherungsbranche nicht im Zentrum der Innovation im Bereich der künstlichen Intelligenz steht, so ist sie als Branche doch ganz klar davon betroffen. Daher wird die Versicherungsbranche als FinTech-Produktbereich betrachtet. Die Versicherungsbranche ist von alten und tief verwurzelten Unternehmen geprägt. Die Branche gilt als reif für einen Umbruch, da neue Technologien bessere Abläufe ermöglichen. Durch den Online-Verkauf von Policen und die Schadensregulierung mit Hilfe von Technologie entfallen zum Beispiel viele Gehälter und Provisionen. Vierzig Prozent des Versicherungsgeschäfts stehen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Kraftfahrzeugen. Mit der zunehmenden Verbreitung autonomer Fahrzeuge und der generellen Erhöhung der Betriebssicherheit von Kraftfahrzeugen durch künstliche Intelligenz wird auch das Autofahren sicherer werden. Das Geschäft der Versicherungsbranche besteht darin, das Risiko zu quantifizieren, wobei davon ausgegangen wird, dass zukünftig viel geringere Risiken zu versichern sind. Der Prämienrückgang dürfte bis zu 60 % betragen, wobei der Rückgang der Kapitalerträge aus Beteiligungen für die Schadensregulierungsgarantien hierbei noch nicht berücksichtigt ist.

Die Versicherungsbranche ist heute stark geprägt von künstlicher Intelligenz auf dem Versicherungsmarkt selbst und bei den Prozessen rund um Versicherungsprodukte, die als „Insurtech“ bezeichnet werden.

Auf dem Versicherungsmarkt zeichnen sich drei Trends ab:

1. Interne Sensoren im Auto können Daten zur Risikobeurteilung der Leistungsfähigkeit und des Verhaltens des Fahrers sammeln. Diese Messwerte können in Zukunft bei der Beurteilung der gesunden Lebensweise und der Fahrtüchtigkeit eines Fahrers helfen. Konstant gute Kennzahlen sprechen für niedrigere Versicherungsprämien, weil weniger Schäden auftreten.
2. Der Kauf von Versicherungspolicen kann durch den Einsatz von Chatbots mit natürlichen Sprachverarbeitungsfunktionen noch nahtloser gestaltet werden als bisher. Chatbots können Tariflisten abrufen und herkömmliche Kundenanfragen beantworten. Das theoretische Ergebnis ist ein schnelleres, genaueres und kostengünstigeres Verfahren.
3. Das Gegenteil vom Policenverkauf ist die Schadensregulierung. Auch ein virtueller Schadensregulierer kann von der Automatisierung durch künstliche Intelligenz profitieren. In der Anfangsphase könnten Routineaufträge schneller und kostengünstiger bearbeitet werden, in der Zukunft dürfte die Schadensregulierung virtuell erfolgen.

KI-basierte Methoden können in Kombination mit der Technologie des Internets der Dinge (IoT) dazu genutzt werden, den Prozess der Risikobewertung von Versicherungen zu personalisieren. Die Personalisierung begünstigt Fahrer mit geringem Risiko, indem sie ihnen niedrigere Prämien anbietet, während Fahrer mit höherem Risiko durch Prämienzuschläge „bestraft“ werden. Dieses sich entwickelnde Verfahren ist demokratischer und wird eher von einer Drittinstanz als Bevollmächtigtem als von einer Person verwaltet. Diese bevollmächtigte Drittinstanz setzt sich aus neuen Echtzeit-Datenquellen zusammen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einfluss von FinTech auf „Insurtech“ wahrscheinlich die Traditionen in den folgenden Bereichen revolutionieren wird:

1. Beschäftigung: Es werden weniger Versicherungsmathematiker und Schadensregulierer benötigt.
2. Umsätze: Die Versicherungsgesellschaften werden weniger Einnahmen haben (geringeres Risiko mit niedrigeren Prämien).
3. Verbraucher: Die Prämien werden das Risiko der Verbraucher besser widerspiegeln.
4. Versicherungsbranche: Die künstliche Intelligenz wird die Industrie stärker beeinflussen, als die Branche umgekehrt zur KI beitragen wird.

###### FinTech-Produkt: Robo-Advising

Dieser Abschnitt schließt mit einer Erörterung von Robo-Advising, einer im Finanzsektor eingesetzten Dienstleistung zur Portfolioallokation. Robo-Advising (Portfolio-Beratung ohne menschliches Zutun) gilt zwar als FinTech, aber auch als künstliche Intelligenz, weil es die Entscheidungsfindung automatisiert, die bisher vermeintlich menschliche kognitive Fähigkeiten erforderte. Der Dienst kam während der Finanzkrise 2008 auf den Markt. Der Begriff bezeichnet Algorithmen zum Management der Portfoliozusammensetzung. Die Algorithmen werden über Makler- und Händler-Plattformen angeboten. Ein Anleger kann zunächst sein persönliches Risikoprofil und seine Eignung in Bezug auf Alter und finanzielle Situation bestimmen und dann ein Robo-Konto eröffnen. Bei einer auf ein Konto eingezahlten Summe teilt der Algorithmus diese Mittel (in der Regel Anleihen und festverzinsliche Wertpapiere) so zu, dass das angegebene Ziel kontinuierlich erreicht wird.

Die Maklerunternehmen und Hedgefonds bieten Finanzprodukte, an denen Verbraucher bzw. Investoren teilnehmen können, ohne Informatik- oder Python-Porgram­mierkenntnisse zu besitzen.

* + Charles Schwab (2019), ein Börsenmakler und ‑händler, bietet ein Produkt namens Intelligent Portfolio an, bei dem Algorithmen auf der Grundlage des Risikoprofils eines Kunden eine automatische Verteilung der investierten Mittel vornehmen. Zunächst ist die Auswahl auf Anleihen und börsengehandelte Fonds (ETFs) beschränkt. Der Anleger ist nicht direkt an der Zuteilung beteiligt.
  + Numerai (2019), ein Hedgefonds, geht bereits weiter als Charles Schwab. Das Unternehmen bietet Zugang zu detaillierten Börsendaten, die weit über das hinausgehen, was der Durchschnittsverbraucher zur Verfügung hat oder sich leisten kann. Diese Daten sind nicht speziell gekennzeichnet, und der Kunde weiß nicht, dass eine bestimmte Statistik zum Unternehmen XYZ gehört. Darüber hinaus werden die Daten verschlüsselt. Handelsstrategen können die Daten zur Entwicklung von algorithmischen Handelssystemen nutzen, die dann an die Plattform übermittelt werden. Darüber hinaus können die Investoren einen Einsatz in ihr Handelssystem einbringen und erhalten Auszahlungen, die proportional zur Höhe des Einsatzes und der Korrelation des eingereichten Algorithmus mit der Gesamthandelsleistung sind.
  + Quantopian (2019) ist ein weiterer Crowd-Sourced-Hedgefonds, der es freiberuflichen quantitativen Analysten ermöglicht, Handelsalgorithmen für den intelligenten Handel mit Wertpapieren auf dem offenen Markt zu entwickeln, zu testen und zu nutzen. Eine „Crowd“ von Analysten entwickelt Handelsstrategien, die auf historischen Daten, Mathematik und Statistiken basieren. Die Handelsalgorithmen sind im „Jupyter“-Framework geschrieben, einem auf Python basierenden Notebook-Format. Von diesen Entwicklermitgliedern zu unterscheiden sind die Investoren – in der Regel institutionelle Anleger –, deren Kapital unter Verwendung der besten von den Entwicklermitgliedern ausgearbeiteten Strategien investiert wird. Die Entwickler sind durch Provisionen am Erfolg beteiligt.

### Handel und Industrie

Vereinfacht ausgedrückt fließen die Gelder auf der Einzelhandelsebene in die Produktwirtschaft ein und werden dann an alle verteilt, die zum Verkauf des Produkts beigetragen haben. Daher sind die Gesundheit des Einzelhandelssektors und das Funktionieren der Einzelhandelssysteme wichtige Management- und Technologiefragen. Das Paradigma des Einzelhandels ändert sich rasch, und zwar in folgender Hinsicht:

* + Der Einkauf wird für den Verbraucher immer bequemer, d. h. er hat Zugang zu einer größeren Vielfalt von Produkten und Dienstleistungen über das Internet, Lieferung am nächsten Tag, nahtlosen Geldtransfer, Produktzuverlässigkeit und Transaktionssicherheit.
  + Der Dialog zwischen Einzelhändler und Kunde wird digitalisiert und umfasst dann alle Details einer Transaktion. Es werden riesige Datenmengen gesammelt, die Analysen ermöglichen. Dies führt wiederum zu einer weiteren Anpassung, Bequemlichkeit und Werbewirkung.
  + Kundeninformationen werden bereits heute bis zur Hausnummer genau identifiziert. Früher waren aggregierte Postleitzahlen ausreichend, aber das gilt heute nicht mehr.
  + Das Internet, und in gewissem Maße auch die künstliche Intelligenz, haben die wirtschaftliche Macht zugunsten der Verbraucher verschoben, da diese heute über gute Werkzeuge zur Information verfügen.

Im Einklang mit solchen marktgetriebenen Fortschritten hat sich auch das Kundenverhalten verändert:

* + Die Kunden erwarten und erhalten sofortigen Zugang zu allen Produktangeboten.
  + Die Kunden erwarten personalisierte Antworten auf ihre Fragen. Zur Erzeugung dieser Antworten gehören virtuelle Assistenten und Technologien zur Verarbeitung natürlicher Sprache.
  + In vielen Fällen verlangen die Kunden eine Lieferung am nächsten Tag.
  + Die Kunden erwarten niedrige Preise, Spitzenqualität, kostenlose Lieferung und eine saubere, sichere und nahtlose Transaktion.

Infolgedessen hat sich die Beziehung zwischen Kunden und Einzelhändlern in folgender Weise verändert:

* + Technisch versierte Kunden kaufen mit mobilen Endgeräten ein, jederzeit und überall. Sie recherchieren nach günstigen Preisen und überprüfen viele Geschäfte und Social-Media-Seiten.
  + Die Kunden sind durch Eigeninteresse motiviert und haben an wirtschaftlicher Macht gewonnen.
  + Der technologieaffine Einzelhändler stellt sich auf den ebenso angepassten Kunden ein, um dessen Erwartungen zu erfüllen, und versucht, mit neuen Mitteln die Kontrolle über das Marketing zurückzugewinnen.
  + Einzelhändler wollen im Wettbewerb mit anderen Einzelhändlern überleben, und ein besserer Kundendienst ist eine Möglichkeit dazu. Die Einzelhändler haben im Vergleich zur Macht der Verbraucher weniger wirtschaftliche Macht als in der Vergangenheit.

Künstliche Intelligenz trägt zu diesem Paradigmenwechsel im Einzelhandel mit kognitiver Software bei, die handeln, erkennen und datenbasierte Erlebnisse schaffen kann. Als Reaktion auf diese Herausforderungen müssen die Einzelhändler stark in neue Dienstleistungen investieren, um so ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Sie müssen auch investieren, um sich gegen neue und disruptive Geschäftspraktiken zu wehren, die veraltete Methoden ersetzen könnten. Darüber hinaus müssen gut etablierte öffentliche Einzelhandelsunternehmen die Erwartungen der Investoren auf dem Finanzmarkt erfüllen.

Im Mittelpunkt des Einzelhandels steht das „Geschäft“, sei es in der Stadt, online oder beides. In der modernen Terminologie wird „das physische Geschäft“ auch als ein Vertriebskanal betrachtet. Andere Vertriebskanäle sind E-Commerce, Websites und Callcenter. Das Hauptziel des Einzelhandels besteht darin, Produkte durch den Verkauf an den Verbraucher zu bringen. Verkaufen bedeutet, dass das Produkt in das Eigentum des Verbrauchers übergeht und der Einzelhändler dafür Geld erhält. Diese gesammelten Gelder fließen in die Lieferkette zurück, die das Produkt oder die Dienstleistung überhaupt erst geschaffen hat. Wenn wir über den Einfluss von KI-Technologien auf den Einzelhandel nachdenken, müssen wir auch die Technologien einbeziehen, die fester Bestandteil der Lieferketten sind. Lieferketten können in Form eines funktionierenden Netzwerks analysiert werden, das die Abläufe in Bezug auf Lagerhaltung, Logistik und Prognosen berücksichtigt.

Das derzeitige Paradigma des Einzelhandels konzentriert sich auf die unten aufgeführten Bereiche:

* + Die Verbesserung des Warenflusses in der Lieferkette konzentriert sich auf die Optimierung der Lagerhaltung, des Lagerbetriebs und der Nachfrageprognose mithilfe von Techniken des maschinellen Lernens.
  + Die Entwicklung eines guten Verständnisses der Kunden und der sie umgebenden Demografie zielt darauf ab, bestehende und zukünftige Ladenstandorte sowie die besonderen Bedürfnisse und Möglichkeiten der jeweiligen Wohnviertel besser zu verstehen.

Zum Beispiel muss ein Einzelhändler auf besondere geschäftliche Anforderungen bei lokalen Sportveranstaltungen, Tagungen oder Schulabschlussfeiern vorbereitet sein und wissen, wie sich solche Ereignisse auf die Nachfrage im Geschäft auswirken können. Nehmen wir als Beispiel die Nachfrage nach Bier bei einer großen Sportveranstaltung.

* + - Ein angenehmes Kauferlebnis für den Kunden fordert gute Produktverfügbarkeit, weil der moderne Kunde ein Produkt am liebsten sofort haben möchte. Zu den zusätzlichen Annehmlichkeiten für die Kunden gehören auch Dekoration und Unterhaltung im Geschäft, ein kostenloser telefonischer Kundendienst sowie gegebenenfalls schnelle und unkomplizierte Rückerstattung oder Reparatur. Auch wenn diese Dinge nur am Rande mit künstlicher Intelligenz zu tun haben, bieten viele Einzelhändler „Empfehlungsmaschinen“ an, die tatsächlich mit künstlicher Intelligenz zu tun haben. Empfehlungsmaschinen erkennen die Profile der Kunden anhand ihrer früheren Einkäufe oder anderer Quellen wie ihrer Postleitzahl, schlagen Ersatzprodukte für nicht verfügbare Produkte vor und fördern zusätzlichen Verkauf. Bei fehlender Produktverfügbarkeit müssen die Einzelhändler über die technologische Unterstützung verfügen, um Alternativen vorschlagen zu können, z. B., indem sie den Bestand von Geschäften in ihrer Nähe und deren Liefermöglichkeiten kennen. Das Geschäft sollte die Kunden dazu verleiten, das Geschäft zu besuchen, und sobald sie es betreten haben, sollte das Erlebnis nahtlos zu einem Verkauf führen. Dazu bedarf es geschulten Personals und einer auf Daten wie dem Produktbestand und der menschlichen Interaktion basierenden Informationstechnologie, die durch ständige Schulungen und Weiterbildungsmöglichkeiten ergänzt wird. Auch wenn die technologische Komponente nicht in jedem Fall als künstliche Intelligenz bezeichnet werden kann, enthält der Einzelhandel heutzutage einige Elemente der Datenverarbeitung, der Kommunikation, der Netzwerke, der Verarbeitung natürlicher Sprache sowie des Erkennens und Entscheidens.
    - Die Einführung neuer teilweise auf künstlicher Intelligenz beruhender Technologien zur Unterstützung des Einzelhandels. Beispielsweise sind die Verbraucher mit einer sehr großen Auswahl konfrontiert, selbst wenn sie nur eine Sonnenbrille im Geschäft oder online kaufen*.* Einige Geschäfte bieten daher virtuelle Besuche an. Nach der Aufnahme eines Fotos mit Gesichtserkennungstechnologien gibt das virtuelle Gerät ein Bild aus, wie eine Sonnenbrille auf dem Gesicht eines Kunden aussehen würde. Beim Kauf von Möbeln bieten Einzelhandelsgeschäfte auch grafische Produkte an, um vorzuschlagen, wie ein Möbelstück in der Wohnung eines Kunden aussehen könnte.

###### Zukunft der KI im Einzelhandel

Die Diskussion über den Einzelhandel dreht sich um gegenwärtige und künftige Überlegungen zur Rolle der künstlichen Intelligenz in diesem Bereich, da die Einzelhändler weiterhin nach neuen Wegen suchen werden, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Die in der Entwicklung befindlichen transformativen Möglichkeiten sollten zum jetzigen Zeitpunkt als recht spekulativ betrachtet werden. Andererseits waren viele der heute bereits etablierten Technologien, wie z. B. die Gesichtserkennungstechnologie, vor nicht allzu langer Zeit ebenfalls noch rein spekulativ. Innovationen sind immer von der Akzeptanz der Kunden abhängig. Viele Technologien für den Einzelhandel, wie z. B. das Erkennen der Kundenstimmung, können jedoch als aufdringlich oder übergriffig empfunden werden. Zum einen könnten viele Kunden solche umwälzenden Ideen ablehnen, und entsprechend ausgestattete Geschäfte meiden. Zum anderen könnten staatliche Regulierungsbehörden den Verkauf und die Nutzung solcher Technologien aber auch verbieten. Wenn es um technologieabhängiges zukünftiges Wachstum geht, sind die folgenden Punkte daher wichtig:

Omnikanal

Wie bereits erwähnt, ist das herkömmliche Einzelhandelsgeschäft nur einer von mehreren Kanälen für den Absatz von Produkten an den Verbraucher. Gegenwärtig haben sich mehrere solcher Kanäle etabliert, z. B. mobile Endgeräte, soziale Medien, Online-Verkäufe über Web-fähige Geschäfte und andere. Insgesamt können alle Kanäle als ein Netz betrachtet werden, in dem alle Knotenpunkte ständig aktiv sind. Darüber hinaus ist die Durchführung quantitativer Netzwerkanalysen eine Methode zur Gewinnung von Erkenntnissen über das System. Bei der Netzwerkanalyse handelt es sich um datengesteuerte Verfahren zur Optimierung der Netzleistung im Hinblick auf eine Zielfunktion, z. B. Profit oder Geschwindigkeit. KI-Methoden wie die Verarbeitung natürlicher Sprache und maschinelles Lernen, sind ein Teil dieses Pakets.

Kundentreue

Kundenbindungsprogramme sollen die Kunden davon überzeugen, wiederholt bei dem Einzelhändler oder der Marke zu kaufen, und nicht bei einem anderen Einzelhändler oder einer anderen Marke. Diese Programme können die Form von Rabatten, Gutscheinen, kostenlosen Telefonnummern und anderen Angeboten annehmen. Kundenbindungsprogramme sind eine Möglichkeit, das Dienstleistungsangebot eines Unternehmens zu erweitern. So kann ein Unternehmen beispielsweise mit der Bestellung und Lieferung von Blumen in die ganze Welt beginnen und dies dann auf die Lieferung von Geschenken in die ganze Welt ausweiten.

Bei den diese Maßnahmen unterstützenden Technologien handelt es sich in erster Linie um Anwendungen, sie können aber auch auf telefonischem Kundendienst basieren. Hier kommt die künstliche Intelligenz ins Spiel, denn Maschinen können aus dem Kaufverhalten und den demografischen Daten treuer Kunden lernen, was sie tatsächlich treu macht und wie sich ihr Profil von dem der weniger treuen Kunden unterscheidet. Nachdem diese Faktoren verstanden wurden, können sie genutzt werden, um die Kundentreue noch zu steigern.

Vorhersage

Die Vorhersage von Einzelhandelskanälen ist von großem Interesse, da hier zwei Ansätze gleichzeitig zum Tragen kommen. Einer davon ist die Erwartung künftiger Umsätze auf der Grundlage vergangener Umsätze unter Verwendung herkömmlicher Statistiken wie Glättung und Regression. Es wird also davon ausgegangen, dass sich die Nachfragemuster der Vergangenheit wiederholen werden. Der zweite Ansatz zur Vorhersage besteht darin, Trends zu ermitteln, wie es in der Modebranche der Fall ist. Nach Angaben des *Forbes Magazine* (Baird, 2019) sind jedoch 32 % der Prognosen fehlerhaft.

Derzeit steckt die Prognose im Einzelhandel noch in den Kinderschuhen, aber es werden bereits neue Ansätze erprobt. So wird beispielsweise Mustererkennung in Form von neuronalen Netzen und modernsten Algorithmen zur Vorhersage der detaillierten Bestände einzelner Lagerhaltungsnummern (SKU, *Stock Keeping Unit*) eingesetzt. Eine gut etablierte Zukunftsprognose kann Folgendes umfassen:

* + Prüfung aller möglichen Kausalfaktoren, die für eine bestimmte Prognose in Frage kommen.
  + Analyse von Produkten bis auf die SKU-Ebene.
  + Anwendung neuronaler Netze und anderer Algorithmen maschinellen Lernens zur Vorhersage des kommenden Zeitraums.
  + Auswahl des am besten passenden Modells aus mehreren getesteten Algorithmen.
  + Ermittlung von Wachstumsfaktoren nach Relevanz, Ersetzen von absteigenden Produkten durch solche, die an Bedeutung gewinnen, und Beobachtung, wenn sich die Bedingungen ändern.

Ein ähnlicher Ansatz besteht darin, Trends zu setzen, anstatt das Unbekannte oder Unwägbare vorherzusagen. So können beispielsweise Produkte nach Maß hergestellt werden, wie z. B. Maßkleidung, die früher von Hand gefertigt wurden, die aber mit Hilfe der Technologie maschinell hergestellt werden können. Unspun Inc. ist ein Unternehmen für Robotik-Bekleidung, das maßgeschneiderte Jeans für Männer und Kleider für Frauen anbietet, deren Maße aus einem 3D-Scan abgeleitet werden. Ähnliche Dienstleistungen werden auch bei der Maßanfertigung von Schuhen angeboten. Die zugrunde liegenden Technologien umfassen die visuelle Erkennung, die Objekterkennung und die Empfehlung von Lösungen. Die Einzelhändler profitieren von höheren Preisen für bessere Dienstleistungen und potenziell geringeren Lagerbeständen.

Prädiktive Analytik Hierbei handelt es sich um Analysen, die darauf abzielen, den Wert einer bestimmten Maßnahme oder einer Reihe von Maßnahmen vorherzusagen und vorherzusehen.

Im Einzelhandel wird die prädiktive Analytik mit Hilfe von KI-Algorithmen wahrscheinlich besser werden, was zu einer höheren betrieblichen Effizienz führen wird. Die Verbesserungen werden wahrscheinlich asymptotisch verlaufen, das heißt, immer besser werden, ohne jedoch immer richtig zu liegen.

Die Variablen, die sich auf den Einzelhandel auswirken, sind nicht nur Preis, Qualität und Kunden, sondern auch natürliche und menschliche Abweichungen aller Art, die an sich schon schwer vorherzusehen sind.

Andere futuristische Einzelhandelstechnologien

Die Technologie des Internets der Dinge *(Internet of Things, IoT)* wird im Einzelhandel immer mehr eingesetzt*.* Dazu gehört unter anderem die Radiofrequenz-Identifikation (RFID), die sich auf die Bestandsverwaltung und die Überwachung von Produktbewegungen auswirkt.

Intelligente Lager werden sich in Zukunft selbst organisieren. Lagerhäuser sind heute schon Regale in einer Gitterstruktur, in dem computergestützte Roboter Waren ein- und auslagern. Selbstorganisierend bedeutet, dass das Schema der Produktein- und ‑auslagerung, von künstlicher Intelligenz bestimmt und kontinuierlich angepasst wird, ohne dass Menschen in die Lagerplanung eingreifen müssen.

Geräteausfälle im Einzelhandel, z. B. bei der Kühlung in Lebensmittelgeschäften, werden durch Sensoren vorhergesagt werden, die frühe Anzeichen von Ausfällen erkennen, anstatt über die mittlere Zeit zwischen Ausfällen *(mean time between failure, MTBF)*, die auf der statistischen Normalverteilung beruhen. Bei der MTBF wird die Ersatzteilbeschaffung unabhängig vom tatsächlichen Zustand geplant. Durch die frühzeitige Erkennung einer bevorstehenden Störung werden die Reparaturen nach dem tatsächlichen Bedarf geplant.

Durch neue Technologien werden Lieferroboter ihre „letzte Meile“ finden können. Ein Beispiel dafür sind die 3x3 Meter großen, adressierbaren Karten, die von der britischen Firma What3Words entwickelt wurden. Bei diesem Dienst geht es um die genaue Übermittlung des Standorts, was sowohl in Notfällen als auch beim Auffinden eines Zelts, z. B. bei einem Open-Air-Konzert, hilfreich ist. Das Londoner Startup-Unter­nehmen hat die Erde in 57 Billionen 3-Meter-Quadrate unterteilt. Jedem dieser Quadrate ist einer Kombination aus drei Wörtern zugeordnet, die eine leicht zu merkende Adressbezeichnung bilden. Der Zweck dahinter ist viel ernster, als es auf den ersten Blick erscheinen mag. Die Vereinten Nationen haben beispielsweise Millionen von Menschen ohne festen Wohnsitz identifiziert, die in Slums und Vertriebenenlagern leben und oft nicht in der Lage sind, an Verfahren der staatlichen Verwaltung teilzunehmen. Das Produkt ist daher ein potenzieller Ersatz für Postleitzahlen.

Gesichtserkennung in Kombination mit biometrischen Merkmalen kann ebenfalls zur Vorhersage menschlichen Verhaltens genutzt werden. Im Einzelhandel kann beispielsweise ein intelligentes Gerät Kunden erkennen, die bei der Kaufentscheidung unsicher zu sein scheinen, so dass ein/e Verkäufer:in entsandt werden kann, um auf die Situation und die Unsicherheit der Kunden zu reagieren.

Ladenroboter sind in der Lage, Lagerbestände und verlegte Artikel visuell zu überprüfen. Solche Roboter sind in Geschäften wie Walmart bereits im Einsatz. Die Geräte von Bossa Nova Robotics unterstützen den Einzelhandel und verbessern das Kundenerlebnis, indem sie leere Regale oder falsch platzierte Artikel vermeiden.

Zusammenfassend lassen sich hinsichtlich der Rolle der künstlichen Intelligenz im Einzelhandel vier Trends erkennen:

1. Nachdem die Kunden es mittlerweile gewohnt sind, im Internet nach Produkten zu suchen und Preise zu vergleichen, wird die Suchfunktion irgendwann auf digitale Assistenten verlagert werden. Assistenten und automatisierte Suchmaschinen, die mit natürlicher Sprachverarbeitung und datengesteuerten Analysemodellen ausgestattet sind, bilden die Methodik für die Automatisierung des Herumstöberns. Von den Einzelhändlern wird erwartet, dass sie ihren Kunden das endlose Stöbern abnehmen. Einerseits werden die Kunden die Produkte schneller finden, andererseits kann dies aber dazu führen, dass der Einzelhändler das Kundenverhalten beeinflusst. Die natürliche Grenze dieser Entwicklung liegt bei den Kunden selbst, die derzeit die Oberhand haben. Es ist unklar, inwieweit sie einen Kontrollverlust bei Kaufentscheidungen zulassen werden.
2. Der Trend zur Personalisierung wird sich beschleunigen. Alle Einzelhandelskanäle, nicht nur die Online-Shops, werden in der Lage sein, sich an jede frühere Interaktion zwischen Kunden und Händlern zu erinnern und mit „kognitiven Diensten“ zu reagieren, also Sehen, Sprechen, Sprache, Wissenssuche und andere.
3. Die Kaufabwicklung im Einzelhandel wird viel schneller werden. Der vom Management vorgegebene Schwerpunkt auf Geschwindigkeit wird von Wettbewerbern und Verbrauchern gleichermaßen vorangetrieben. Schnellere Abläufe können zu einer besseren Nachfragevorhersage in volatilen Produktbereichen wie der Modebranche, zu einem angepassteren Lagerbestand in den Geschäften, zu weniger Preisnachlässen und Rabattaktionen führen. (Vgl. Zara Company zur Geschwindigkeit des Einzelhandels in der Damenmodebranche; das Unternehmen gehört zu Iditex).
4. Einzelhändler versuchen, ihre Kunden so weit wie möglich zu formen und zu beeinflussen. Dies äußert sich in Werbekampagnen, der Präsenz in sozialen Medien und anderen Werbemethoden. Dazu gehört eine detaillierte Marktkenntnis aller Kunden, um ihnen persönliche Botschaften zu übermitteln, so dass sie auf Resonanz stoßen und die Kaufentscheidungen beeinflussen. Mit maschinellem Lernen und Big Data können detaillierte Marktkenntnisse gewonnen werden.

###### Aktuelle KI-Anwendungen im Handel

Viele Bereiche der Gesellschaft sind von der Digitalisierung betroffen. Sie bringt riesige Mengen an verarbeitbaren Daten hervor, die von einer künstlichen Intelligenz besser als vom Menschen verarbeitet und analysiert werden können. Dies wird unser Verständnis des menschlichen Einkaufsverhaltens verbessern, die Betriebskosten senken und hochgradig personalisierte Erfahrungen im Handel schaffen.

Im Bank- und Finanzwesen beispielsweise wird künstliche Intelligenz eingesetzt, um Betrug aufzudecken und die Cybersicherheit zu erhöhen, weil sie durch Deep Learning und andere maschinelle Lernverfahren Muster frühzeitig erkennen kann. Ein wichtiges Unternehmen in diesem Bereich ist PayPal, das seine Betrugsrate mit KI deutlich senken konnte (Morisy, 2016). Auch die Finanzdienstleister engagieren sich stark für künstliche Intelligenz, weil sie in vielerlei Weise eingesetzt werden kann: Zur Beschleunigung des Handels und zum Profitieren von winzigen Preisunterschieden durch Arbitrage, zum Anbieten von Robo-Advising und zur Automatisierung von Kundeninteraktionen, z. B. den Kauf und Verkauf von Wertpapieren, die früher über Telefongespräche zwischen Maklern und Kunden erfolgten.

Energie- und Versorgungsunternehmen stehen noch am Anfang ihrer Investitionen in künstliche Intelligenz. Ein Ziel ist die bessere Vorhersage des Energiebedarfs, um erneuerbare Energiequellen zu berücksichtigen und selbstheilende digitale Verteilernetze zu schaffen. Selbstheilung bedeutet, dass Umspannwerke den Ort eines Stromausfalls erkennen und dann das übrige Netz umbauen können. Damit werden weitere Ausfälle minimiert, was sowohl für die Kunden als auch für die Stromanbieter von Vorteil ist.

Auch das Bildungswesen ist vom neuen maschinellen Lernen betroffen. Hier werden Texte von Schülern und Schülerinnen sowie Studierenden analysiert, um Lernende mit Lernrückstand zu identifizieren. In anspruchsvollen Studiengängen gibt es immer wieder hohe Abbruchquoten von Studierenden, die mit ihren Studienleistungen im Rückstand sind. Die Northern Arizona University (2019) hat ein Blended-Learning-Programm eingeführt, um Studierende zu identifizieren, die Schwierigkeiten beim Lernen haben.

Technologieunternehmen wie Google, Amazon und Co. kaufen kleinere Unternehmen auf, deren Kompetenzen ihre eigenen ergänzen. Mittelständische Unternehmen (Kleine und mittlere Unternehmen, KMU) können sich bei der Herstellung von Sprachassistenten und neuronalen Netzen hervortun, um z. B. in Skype zwischen zwei Sprachen zu übersetzen und Gesichter zu erkennen.

Einzelhandel und Online-Händler investieren stark in die Kommunikation mit ihren Kunden und in die Einrichtung so genannter „Empfehlungsmaschinen“. Zu diesen Technologien gehört das Softwarekonzept der dynamischen Preisgestaltung, das die Preise in Zeiten hoher Nachfrage erhöht, was die meisten Verbraucher bei der Online-Buchung von Hotelzimmern und Flugtickets schon erlebt haben. Darwin Pricing (2019) vertreibt ein Produkt, das es Kunden ermöglicht, ihre Preise je nach geografischem Markt mit Nachlässen oder Erhöhungen zu versehen. Darwin Pricing nutzt neuronale Netze zur Prognose von Preiserwartungen.

Das Gesundheitswesen ist ebenfalls ein fruchtbares Feld für künstliche Intelligenz. Röntgenbilder und CT-Scans können von Maschinen angeschaut und analysiert werden, so dass Ärztinnen und Ärzte schneller und manchmal auch besser reagieren können. In Verbindung mit externen Daten aus der klinischen Forschung macht dies das Gesundheitswesen zu einem äußerst dynamischen Feld für die Verbesserung von Behandlungsplänen. Auch Arzneimittel werden immer stärker personalisiert, und Roboteroperationen haben eine sehr gute Erfolgsbilanz bei der Rettung von Leben (siehe Da Vinci Surgical Systems). Darüber hinaus kann die durch künstliche Intelligenz unterstützte Analytik dazu beitragen, Schwachstellen in der Finanzierung des Gesundheitssystems aufzudecken und zu beseitigen.

###### Voraussichtliche industrielle KI-Anwendungen

Bei der Beschreibung, wie künstliche Intelligenz in naher Zukunft aussehen wird, kommen viele Mutmaßungen ins Spiel. Die Studierenden sollten sich zwar des spekulativen Charakters dieses Themas bewusst sein, aber auch wissen, dass sich viele frühere Spekulationen über künstliche Intelligenz als wegweisend erwiesen haben. Viele Wissenschaftsbücher aus allen Epochen haben moderne Entwicklungen korrekt vorweggenommen.

Der Wandel in vielen Bereichen wird sich fortsetzen: Gesundheitswesen, Einzelhandel, Finanzwesen, Robotik in Fertigung und Medizin sowie im Bildungswesen. Die Entdeckungen werden von der Verbesserung der menschlichen Arbeit bis hin zu Entwicklungen reichen, welche die Grenzen der menschlichen Vorstellungskraft erweitern werden. In der Medizin zum Beispiel wird maschinelles Lernen durch die frühzeitige Erkennung von Symptomen höchstwahrscheinlich die Häufigkeit schwerer Krankheiten verringern. Andererseits wird vielleicht auch mit der genetischen Veränderung von Menschen experimentiert werden, um sie gegen bestimmte Krankheiten immun zu machen. In naher Zukunft wird die künstliche Intelligenz daher mit mindestens vier Herausforderungen konfrontiert sein:

1. Es muss eine differenzierte Messung der erwarteten Ergebnisse erfolgen, bei der wirtschaftlich orientierte Perspektiven mit Fokus auf die Kapitalrendite *(Return on Investment, ROI)* und eine angemessene Berücksichtigung ethischer Belange im Vordergrund stehen.
2. Staatliche Vorschriften zum Schutz der Person, insbesondere in Bezug auf das Recht auf Privatsphäre und Dateneigentum, werden sich wahrscheinlich auf die Entwicklung der künstlichen Intelligenz auswirken.
3. Die menschliche Arbeit wird sich durch künstliche Intelligenz wandeln. Es ist bisher unklar, ob die KI-Revolution mehr Arbeitsplätze schaffen als abschaffen wird, wie dies bei früheren Marktumwälzungen der Fall war, oder ob sie eine neue Oberschicht von Technologen und damit eine neue Unterschicht hervorbringen wird. Es ist auch noch nicht bekannt, ob sie zu wesentlichen Veränderungen in traditionellen Beschäftigungsverhältnissen führen wird.
4. Die Nationalstaaten könnten künstliche Intelligenz als Waffe einsetzen, und es ist fragwürdig, wie ein durch künstliche Intelligenz geführter Krieg aussehen würde oder aussehen wird.

###### Zusammenfassung der KI-Anwendungen und ihrer Messkriterien

Im Folgenden wird ein Blick auf die Zukunft der künstlichen Intelligenz in verschiedenen Entwicklungsbereichen und auf die Messung ihres Erfolgs geworfen.

* + Selbstfahrende Fahrzeuge, Autos, Lastwagen und Einkaufswagen halten sich besser an die Straßenregeln als Menschen, verursachen weniger Unfälle und Zwischenfälle, bieten soziale Vorteile, Mobilität sowie Mehrwert, unterliegen öffentlich anerkannten ethischen Richtlinien und sind sicher und vor Hackerangriffen geschützt.
  + Eine sehende KI kann identifizieren und kennzeichnen, was sie sieht, und erfüllt alle geltenden Nutzungsvorschriften.
  + Die Verarbeitung natürlicher Sprache erreicht eine hohe Übersetzungsgenauigkeit und ‑geschwindigkeit, erkennt Idiome, Akzente und die Person des Sprechers, simuliert wirkungsvoll Gespräche mit Menschen und kann mit schlecht definierten Begriffen umgehen, z. B. mit dem Wort „köstlich“ in einer Restaurantkritik im Gegensatz zu seiner Verwendung in anderen Kontexten.
    - Beim maschinellen Lernen werden die Entscheidungen erklärt, und ein menschlicher Bediener hat die Kontrolle über die gelernten Entscheidungen.
    - Die Zukunft der Robotik ist noch unbekannt. Im Folgenden finden Sie einige Fragen, die wir uns im Hinblick auf die künftige Nutzung und Entwicklung stellen sollten.
      * Wird die Robotik die menschliche Arbeit ersetzen oder ergänzen?
      * Werden Roboter die richtigen Dinge lernen?
      * Inwieweit wird ein menschlicher Bediener noch die Kontrolle über einen Roboter haben?
      * Werden Roboter-Lehrer anhand von Schülerergebnissen bewertet?
      * Werden die Kommissionierroboter im Lager nach ihrer Genauigkeit bewertet?

Um eine rationale Perspektive für die Zukunft der künstlichen Intelligenz aufrechtzuerhalten, sollten die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

* + - Die Verheißungen dieses Feldes sollten weder über- noch unterschätzt werden.
    - Wir sollten nicht glauben, dass künstliche Intelligenz Magie vollbringen kann.Die Ergebnisse müssen erklärbar sein.
    - *Eine* Erfolgsgeschichte ist genau das: *eine* Erfolgsgeschichte. Von einzelnen Erfolgen allein sollte nicht auf weitere Entwicklungen geschlossen werden.
    - Die Boulevardpresse mag auf ein exponentielles Wachstum oder Rückgang schließen, aber für diese Schlussfolgerungen sind Beweise erforderlich.
    - Bessere konventionelle Analytik kann viel Gutes bewirken, ohne dass es sich dabei um künstliche Intelligenz handelt.

###### Zusammenfassung der Zukunftsaussichten im Bereich der künstlichen Intelligenz

Zum Abschluss dieser Lektion werden im Folgenden einige Beispiele für die Zukunftsaussichten auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz gegeben. Die Reihenfolge lässt nicht auf die Bedeutung schließen. Die auf dem jeweiligen Gebiet tätigen Unternehmen sind in Klammern angegeben.

* + - Menschenähnliche Roboter mit künstlicher Intelligenz werden für Industrie und Unterhaltung verfügbar sein (Hanson Robotics, Hongkong).
    - Dialogorientiertes Marketing wird für die Buchung von Meetings und die Beantwortung von E-Mails genutzt sowie durch Chatbots und maschinelles Lernen verbessert (Drift, Boston, MA).
    - KI-Staubsauger werden entwickelt, wie der Roomba-Staubsauger, der Hindernisse erkennt und ein visuelles Gedächtnis für Räume hat (Consumer Electronics, Bedford, MA).
    - KI-Assistenten: Der KI-Assistent *Olly* sitzt auf dem Schreibtisch eines Besitzers und versucht, durch maschinelles Lernen zu seinem Besitzer zu werden (Emotech, London).
    - Bei der Entwicklung von Medikamenten werden Fortschritte gemacht. Zum Beispiel wird nach bis zu 20 Millionen Verbindungen für die Behandlung von Ebola und Multipler Sklerose gesucht (Atomwise, San Francisco, CA).
    - Die Pathologie in den Bereichen Diagnose und Behandlung wird durch maschinelles Lernen bei der Analyse von Gewebeproben verbessert (Health Diagnostics, Boston, MA).
    - Robo-Advising im Finanzbereich ermöglicht einen auf künstliche Intelligenz gestützten Portfoliomanager. Diese Technologie ist bei den meisten Wertpapierhändlern erhältlich (Betterment, New York City, NY).
  + Crowdsourced-Hedge-Fonds, die sich auf mehr als 35.000 Datenwissenschaftler stützen, werden für Vorhersagen zum Aktienmarkt eingesetzt. Dies basiert auf abstrahierten Daten, die der Fonds jede Woche veröffentlicht. Die Gewinner werden in Kryptowährung ausgezahlt. Das Prinzip ist: Je mehr Gehirne am Werk sind, desto besser sind die Ergebnisse in Bezug auf das Metalernen (Numerai, San Francisco, CA).
  + Mit Hilfe von Finanzsuchen können Datenpunkte erfasst werden, die ein Mensch nicht rechtzeitig verarbeiten könnte. Die Kunden ziehen daraus einen Vorteil (AlphaSense, New York City, NY).
  + Google Smart Maps hilft den Kunden, die besten Routen mit dem Auto, zu Fuß, mit dem Bus oder der Bahn zu finden. Der nächste Schritt ist die Bereitstellung von Echtzeit-Karten mit erweiterter Realität. So können Sehenswürdigkeiten auf dem Weg angezeigt werden. Diese Funktion wird vom Mitfahrgelegenheitsdienst Lyft genutzt.
  + Künstliche Intelligenz wird eingesetzt, um bösartige Akteure auf Social-Media-Plattformen zu identifizieren und zu entfernen. Mit KI-Werkzeugen werden Bilder und Texte nach Themen kategorisiert. Hassnachrichten und terroristische Botschaften weisen oft einzigartige sprachliche Merkmale auf, die erkannt werden können (Twitter, San Francisco, CA).

Zusammenfassung

In dieser Lektion haben wir die Vorteile und den Nutzen vergangener Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz untersucht. Es wurden Aspekte der menschlichen Mobilität, des Gesundheitswesens, des Finanzwesens und des Einzelhandels ermittelt, die wahrscheinlich von revolutionären, in naher Zukunft eintretenden Veränderungen betroffen sein werden. Wie andere Technologien ist auch die künstliche Intelligenz Teil der globalen Wirtschaft und betrifft jeden Menschen auf dem Planeten. Technologien der künstlichen Intelligenz tragen in Verbindung mit der Informatik dazu bei, Daten durch Erkennen, Sehen, Bewegen, Denken, Hören und Problemlösen in Informationen zu verwandeln. Dabei entsteht eine riesige Menge an digitalen Daten. Sowohl Einzelpersonen als auch Unternehmen werden weiterhin versuchen, die mit Hilfe der künstlichen Intelligenz entwickelten Vorteile zu nutzen, und es besteht immer die Möglichkeit des Missbrauchs. Gleichzeitig werden sich andere Personen und staatliche Behörden wahrscheinlich weiterhin gegen diejenigen wenden, die Technologien der künstlichen Intelligenz für negative und unethische Zwecke einsetzen wollen.



# Anhang 1

## Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

Ahn, N. (2017). Generatives Adversariales Netzwerk. Abgerufen von https://www.slideshare.net/nmhkahn/generative-adversarial-network-laplacian-pyramid-gan

Baillot, D. (2018). Neuron. Abgerufen von https://medicalxpress.com/news/2018-07neuron-axons-spindly-theyre-optimizing.html

Baird, N. (21.02.2019). Six ways AI can impact retail forecasting: Hype vs. reality. *Forbes*. Abgerufen von https://[www.forbes.com/sites/nikkibaird/2019/02/21/six-ways-](http://www.forbes.com/sites/nikkibaird/2019/02/21/six-ways-) ai-can-impact-retail-forecasting-hype-vs-reality/#2f9a4efc5d93

Charles Schwab. (2019). Website [www.schwab.com](http://www.schwab.com/) Chomsky, N. (1957). *Syntactic Structures.* Den Haag: Mouton Darwin Pricing (2019). Website [www.darwinpricing.com](http://www.darwinpricing.com/)

Gartner. (2017). Hype cycle for digital banking transformation, 2017. Abgerufen von https://[www.gartner.com/en/documents/3775166](http://www.gartner.com/en/documents/3775166)

Gartner. (2018). Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018. Abgerufen von https://[www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-](http://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-) cycle-for-emerging-technologies-2019/

Giles, M. (2019). The man turning China into a quantum superpower. *MIT Technology Review, 122* (1). Abgerufen von https://[www.technologyreview.com/s/612596/the-man-](http://www.technologyreview.com/s/612596/the-man-) turnimng-china-into-a-quantum-superpower

GoFundMe. (2019). Website. [www.GoFundMe.com](http://www.GoFundMe.com/) InnoCentive. (2019). Website. [www.innocentive.com](http://www.innocentive.com/) Kickstarter. (2019). Website. [www.kickstarter.com](http://www.kickstarter.com/)

Knowino. (2010). Schematische Darstellung eines künstlichen Neurons [Bild] Abgerufen von https://m.tau.ac.il/~tsirel/dump/Static/knowino.org/wiki/Artificial\_neuron.html. Copyright 2010 by Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported. https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/

Kurzweil, R. (2005). *The singularity is near: when humans transcend biology.* New York, NY: Viking.

Lenddo. (2017). Leveraging technology solutions in credit and verification. Abgerufen von [www.lenddo.com](http://www.lenddo.com/)

##### Anhang 1

103

Mesko, B. (2017). The Role of Artificial Intelligence in Precision Medicine. *Expert Review of Precision Medicine and Drug Development*, *2* (5). Abgerufen von https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23808993.2017.1380516

Mitchell, T.M. (1997). *Machine learning*. Maidenhead, UK: McGraw-Hill.

Morisy, M. (2016, January 25). How PayPal boosts security with artificial intelligence. *MIT Technology Review*. Abgerufen von https://[www.technologyreview.com/s/545631/how-](http://www.technologyreview.com/s/545631/how-) paypal-boosts-security-with-artificial-intelligence/

Nakamoto, S. (2009). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Abgerufen von https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

National Center for Statistics and Analysis. (2019). National center for statistics and analysis (NCSA) motor vehicle traffic crash data resource page. Abgerufen von https:// crashstats.nhtsa.dot.gov/#/

Northern Arizona University. (2019). Digital learning initiatives. Abgerufen von https:// in.nau.edu/blended-learning/

Numerai. (2019). Website. [www.numerai.com/homepage](http://www.numerai.com/homepage)

Patreon. (2019). Website. [www.patreon.com](http://www.patreon.com/)

Peixeiro, M. (2019). Step-by-step guide to building your own neural network from scratch. Abgerufen von https://towardsdatascience.com/step-by-step-guide-to-building-your-own-neural-network-from-scratch-df64b1c5ab6e

Quantopian. (2019). Website. [www.quantopian.com](http://www.quantopian.com/)

Roth, A. (2002). The practical application of Prolog. Abgerufen von https:// [www.drdobbs.com/parallel/the-practical-application-of-prolog/184405220](http://www.drdobbs.com/parallel/the-practical-application-of-prolog/184405220)

Searle, J. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences, 3* (3). 417– 424. doi: 10.1017/S0140525X00005756

Siegel, D.J. (2012). *The developing mind: How relationships and the brain interact to shape who we are* (2nd Ed.). New York, NY: Guilford Press

Simility. (2019). Website. https://simility.com

Turing, A.M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*. *59* (236). 433–460. doi: 10.1093/mind/LIX.236.433.

Vinge, V. (1993). The coming technological singularity: how to survive in the post-human era. *VISION-21, NASA Symposium Lewis Research Center and Ohio Aerospace Institute*. Abgerufen von https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19940022855.pdf

[www.iubh.de](http://www.iubh.de/)

Wang, D., Khosla, A., Gargeya, R., Irshad, H., & Beck, A.H. (2016). Deep learning for identifying metastatic breast cancer. *arXive-prints.* Abgerufen von https:// ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016arXiv160605718W/abstract

Woolsey, B. (2018, October 01). How electric cars will charge Germany’s job market. *Handelsblatt.* Abgerufen von https://[www.handelsblatt.com/today/robot-wars-how-elec-](http://www.handelsblatt.com/today/robot-wars-how-elec-) tric-cars-will-charge-germanys-job-market/23580652.html?ticket=ST-25817Ya0X9mYGmRcPXofePlPV-ap5