

Vorwort

Wer wird gewinnen – Mensch oder Maschine? Diese Frage kommt immer wieder auf. Meistens geht es dabei derzeit noch um das Duell Mensch gegen Maschine bei Spielen wie Go, Poker oder Fortnite. Aber manche sehen auch zunehmend die Gefahr, den eigenen Arbeitsplatz an eine Maschine zu verlieren. Und dann kann man auch noch befürchten, dass Maschinen die Weltherrschaft an sich reißen könnten.



Alle diese Aspekte fallen unter das Thema „Künstliche Intelligenz“, dem man seit einigen Jahren in den Medien praktisch nicht mehr entgehen kann. Allerdings ändert sich, was unter Künstlicher Intelligenz verstanden wird: Während in den 60er Jahren der Taschenrechner als damalige High-Tech-Maschine Aufsehen erregte, findet er heute als alltägliches Gerät keine Beachtung mehr und niemand würde hier noch von Künstlicher Intelligenz sprechen (auch bekannt als Odd-Paradoxon [1]).

Von 2011 bis 2021 hat sich die Anzahl der wissenschaftlichen KI-Publikationen in etwa verzwanzigfacht auf mittlerweile rund 20 000 im Jahr ([2] S. 27). Schwerpunkte sind Maschinenlernen, Computer Vision und Natural Language Processing.

Warum also eine weitere Veröffentlichung? Nachdem wir 2019 eine Einführung in das Thema Künstliche Intelligenz als White Paper veröffentlicht haben, hat uns das große positive Feedback überrascht. Daher haben wir beschlossen, diesen Text deutlich zu erweitern, zu aktualisieren und in Zusammenarbeit mit dem Vogel-Verlag mit einem innovativen Konzept der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Mit Oliver Mayer konnten wir einen Mitstreiter gewinnen, der

dank seiner langjährigen Erfahrung in Forschung und Entwicklung in der Industrie wertvolle inhaltliche Beiträge geleistet hat.

Das Thema Künstliche Intelligenz beschäftigt auch Unternehmen unterschiedlicher Branchen und Größen. Dort ist von Fluch und Segen die Rede, denn absehbare Innovationen im Bereich Künstliche Intelligenz, wie etwa die Entwicklung autonomer Fahrzeuge, können bestehende Geschäftsmodelle in der Automobilindustrie gefährden. Andererseits eröffnet Künstliche Intelligenz Chancen, die weit über Kosteneinsparungen durch die Optimierung von Maschinenausfallzeiten hinausgehen: Für Kundenorientierung und Produktentwicklung wird Künstliche Intelligenz ebenso genutzt wie für smarte Produkte sowie eine flexible und gleichzeitig effiziente Logistik.

Künstliche Intelligenz ist also wahrlich keine Science-Fiction mehr und ihre Entwicklungen können nicht einfach ignoriert werden. Wir sind mit diesem Buch weit davon entfernt, einen umfassenden Überblick zum Thema Künstliche Intelligenz zu leisten. Es soll eine fundierte, neutrale Einführung bieten und dadurch Ängste nehmen und Mut machen, die Zukunft mit zu gestalten, frei nach dem Motto:



Nimm es so, wie es kommt, aber Sorge dafür, dass es so kommt wie du willst.

(nach Epiktet, 55–135 n.Chr.).

Vor allem für mittelständische Unternehmen und deren Fach- und Führungskräfte stellen wir im Folgenden die Grundlagen von Künstlicher Intelligenz und sogenannten neuronalen Netzen vor. Aktuelle Anwendungsfelder und deren Nutzen zeigen wir anhand zahlreicher Praxisbeispiele und werfen einen Blick auf mögliche mittel- und langfristige Entwicklungen der nächsten Jahre.

Auch systemimmanente Risiken und Nebenwirkungen werden behandelt. Die Grenzen der Technologie zu kennen, hilft Enttäuschungen bei Entwicklung und Nutzung zu vermeiden. Entscheidend wird der Umgang mit Künstlicher Intelligenz in Unternehmen (und nicht nur dort) sein: kooperativ oder feindselig, reguliert oder anarchisch.

Um dafür sorgen zu können, dass die Dinge so kommen, wie wir es wollen, zeigen wir abschließend pragmatische Wege auf, wie Sie die Potenziale von Künstlicher Intelligenz erkennen und für Ihr Unternehmen nutzen können. Die technische Entwicklung und Implementierung von KI-Systemen stellen dank interessanter Angebote aus der Cloud häufig nicht mehr das zentrale Problem dar. Anspruchsvoller sind meist die sozialpsychologische Implementierung sowie die Einhaltung ethischer Leitlinien zur Entwicklung und Steuerung von KI-Systemen. Auch hierzu haben wir Werkzeuge mit aufgenommen. Die Relevanz dieser Punkte kann auch daran abgelesen werden, dass Nachrichtenartikel zur Künstlichen Intelligenz sich am häufigsten mit ethischen Fragen beschäftigen ([2] S. 27).

Wir wünschen allen Leserinnen und Lesern interessante Anregungen und viel Erfolg bei der Beschäftigung mit einem der spannendsten Themen unserer Zeit.

Ulm, im Frühjahr 2021,

Joachim Reinhart, Christian Greiner und Oliver Mayer

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis	9
Überblick	13
1 Grundlagen der Künstlichen Intelligenz	17
1.1 Begriffsklärung	17
1.2 Programmierte und lernende Systeme	19
1.3 Starke und schwache Künstliche Intelligenz	24
1.4 Mathematische Verfahren	28
1.5 Zusammenfassung	31
2 Trends und Treiber	33
2.1 Technologische Trends und Treiber	33
2.1.1 Unbegrenzte Rechenleistung	34
2.1.2 Unbegrenzte Datenmengen	37
2.1.3 Unbegrenzte Algorithmen	40
2.2 Ökonomische Trends und Treiber	45
2.2.1 Unbegrenzte Umsätze	45
2.2.2 Unbegrenzte Investitionen	48
2.2.3 Unbegrenzte Anwendungsfälle	51
2.3 Begrenzte Fähigkeiten als Treiber	53
2.4 Zusammenfassung	59
3 Anwendungsfelder	61
3.1 Kategorien von Anwendungsfeldern	61
3.2 Einzwecksysteme	66
3.3 Automatische Entscheidungssysteme	82

3.4	Autonome Roboter	94
3.5	Mehrzweckssysteme	110
3.5.1	Sprach- und Textgeneratoren	111
3.5.2	Augmented Reality	118
3.5.3	Digitale Assistentin Alexa	124
3.6	Zusammenfassung	132
4	Risiken und Nebenwirkungen	133
4.1	Kurz- und mittelfristige Risiken	133
4.1.1	Nachvollziehbarkeit	133
4.1.2	Prognostizierbarkeit	136
4.1.3	Verantwortung	138
4.1.4	Missbrauch	140
4.2	Kurz- und mittelfristige Nebenwirkungen	143
4.3	Langfristiges Risiko Superintelligenz	146
4.4	Zusammenfassung	152
5	Umsetzungsstrategien für Unternehmen	153
5.1	Die Innovationslandschaft	153
5.2	Potenziale erkennen	155
5.3	Machbarkeit prüfen	165
5.3.1	Vorbereiten	167
5.3.2	Nutzer verstehen	168
5.3.3	Lösungswege finden	169
5.3.4	Prototyp bauen	171
5.3.5	Annahmen prüfen	172
5.3.6	Lean Businessplan erstellen	174
5.3.7	Review durchführen	176
5.4	KI-Systeme technisch implementieren	178
5.4.1	Software agil und skalierbar entwickeln	178
5.4.2	Data Mining	182
5.5	KI-Systeme sozialpsychologisch implementieren	186

5.6	KI-Systeme steuern	192
5.6.1	Ethische Leitlinien	193
5.6.2	Kennzahlen und Erklärbare KI	199
5.7	Zusammenfassung	201
6	Schlussbemerkung	203
	Danksagung	209
	Anhang: KI-Anwendungen im Überblick	211
	Über die Autoren	219
	Literaturverzeichnis	221
	Bildverzeichnis	231
	Tabellenverzeichnis	234
	Stichwortverzeichnis	235

Überblick

Trotz des aktuellen Hypes um das Thema Künstliche Intelligenz zeigen Umfragen und persönliche Gespräche, dass die meisten Menschen kein realistisches Bild von den Fähigkeiten Künstlicher Intelligenz (KI) haben. So erwarten die einen wahre Wunder von KI-Systemen, während die anderen ihre Fähigkeiten deutlich unterschätzen. Das vorliegende Buch möchte einen sachlichen Beitrag dazu leisten, das Thema KI zu entmystifizieren und vor allem (mittelständischen) Unternehmen die Beschäftigung mit dem Thema nahelegen. Das Buch ist neben Vorwort und Zusammenfassung in sechs zusammenhängende Kapitel untergliedert.

Kapitel 1: Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Wir bezeichnen mit „Künstliche Intelligenz“ Maschinen, die möglichst eigenständig Probleme lösen können. Die Vorstellung davon, welche Aufgaben KI-Systeme bearbeiten können, hat sich im Laufe der Zeit stark gewandelt. Wir betrachten KI-Systeme anhand von drei Kriterien: Ihrer Lernfähigkeit, der Stärke ihrer Intelligenz (starke und schwache KI-Systeme) sowie der mathematischen Verfahren, die im Bereich Künstliche Intelligenz zum Einsatz kommen.

Kapitel 2: Trends und Treiber

KI-Systeme sind mittlerweile allgegenwärtig und generieren Umsätze in Milliardenhöhe. Die wichtigsten Treiber dieser Entwicklung sehen wir in technologischen und ökonomischen Trends, sowie der Möglichkeit, durch eine Zusammenarbeit von Menschen und KI-Systemen Entscheidungen zu verbessern. Die technologischen Trends umfassen steigende Rechen- und Speicherkapazitäten durch neue Technologien, enorm wachsende Datenmengen als Lern- und Analysematerial sowie lernende Maschinen auf Basis künstlicher neuronaler Netze. Die ökonomischen Trends bilden sich aus großen Nutzenversprechen von KI-Systemen, die hohe Umsatzerwartungen auslösen. Damit fließen

Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie in Startups. Bereits jetzt gibt es zahlreiche Anwendungsfelder von KI-Systemen, perspektivisch sind die Anwendungen von KI-Systemen als Universaltechnologie sogar nahezu unbegrenzt.

Kapitel 3: Anwendungsfelder – Kategorien und Beispiele

Rund zwanzig ausgewählte Beispiele und Szenarien aus verschiedenen Branchen sollen dabei helfen, die Bandbreite der Möglichkeiten von KI-Systemen realistisch einschätzen zu können und über Einsatzmöglichkeiten von KI-Systemen im eigenen Umfeld nachzudenken. Dazu nehmen wir eine Klassifikation von KI-Systemen in vier Kategorien vor, basierend auf der Selbstständigkeit des Systems einerseits und der Anzahl der Umgebungen andererseits: Einzweck- und Mehrzwecksysteme sowie autonome Entscheidungssysteme und Roboter. Für jede Kategorie stellen wir bekannte und unbekannt Beispiele sowie Best-Practices für KI-Systeme vor. Im Anschluss zeigen wir mögliche Take Aways für Unternehmen auf. Allen Beispielen ist gemeinsam, dass sie entweder auf dem Markt verfügbar sind oder sich in der fortgeschrittenen Entwicklung befinden.

Kapitel 4: Risiken und Nebenwirkungen

Den hohen Erwartungen an KI-Systeme stehen kurz- und mittelfristige Risiken gegenüber, die die erhoffte Entwicklung hemmen können. Diese Risiken werden derzeit vor allem in fehlender Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen Künstlicher Intelligenz, Missbrauch und gesetzlich ungeklärter Verantwortung für Irrtümer oder Fehler gesehen. Als wichtigste mittelfristige gesellschaftliche Nebenwirkung von KI-Systemen werden Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt diskutiert. Maschinelles Lernen und Robotik werden viele oder vielleicht sogar die meisten Berufe verändern. Besonders gefährdet sind gemäß dieser Diskussion Arbeitsplätze, bei denen Routine die Tätigkeit bestimmt. Ein langfristiges Risiko bildet die Möglichkeit der Entstehung einer Superintelligenz und den daraus entstehenden Konsequenzen für die Menschheit. Superintelligenz hätte ein System dann erreicht, wenn

seine Fähigkeiten die menschlichen in nahezu allen Bereichen weit übersteigen würden. Mögliche Konsequenzen beschreiben wir in vier Szenarien.

Kapitel 5: Umsetzungsstrategien für Unternehmen

Datengetriebene Geschäftsmodelle in Kombination mit Künstlicher Intelligenz wirbeln Branchen durcheinander. Wer überleben will, muss sich anpassen. In diesem Kapitel zeigen wir Strategien zur Umsetzung von KI-Systemen in Unternehmen.

Wir beginnen mit fünf Methoden, um Potenziale für KI-Systeme im eigenen Unternehmen systematisch zu erkennen und schlagen zwei Templates vor, mit deren Hilfe Use Cases einheitlich mit den wichtigsten Informationen dargestellt werden können.

Weil längst nicht alle KI-Vorhaben zum Erfolg führen, zeigen wir ein agiles Vorgehen, mit dem es schnell und günstig gelingen kann, das technisch Machbare mit dem Gewünschten und gleichzeitig Rentablen unter einen Hut zu bringen (Fail Fast).

Anschließend widmen wir uns der technischen Implementierung, insbesondere mit den Themen Data Mining, Skalierung und Softwareentwicklung. Dabei stellen wir mit dem Scaled Agile Framework (SAFe) eines der bekanntesten skalierbaren Modelle für die Softwareentwicklung vor. Für Data Mining zeigen wir ein Vorgehen in Anlehnung an den Cross Industry Process for Data Mining (CRISP-DM).

Weil die technische Implementierung im Vergleich zur sozialpsychologischen Implementierung häufig das geringere Problem ist, stellen wir mit dem sogenannten Lebensraummodell ein Werkzeug vor, mit dem die Akzeptanz von KI-Systemen analysiert und gestaltet werden kann. Die Umsetzungsstrategien schließen wir mit Möglichkeiten zur Steuerung von KI-Systemen mittels Kennzahlensystemen und ethischen Leitlinien ab. Nach einem kurzen Einblick in die Diskussion zu ethischen

Themen stellen wir Anforderungen zu Entwicklung und Nutzung von KI-Systemen vor und skizzieren Verfahren zur Umsetzung dieser Anforderungen. Abschließend beschreiben wir exemplarisch ein Kennzahlensystem, das nicht nur nachlaufende Indikatoren erhebt, sondern gezielt auch vorausschauende Indikatoren nutzt.

Kapitel 6: Schlussbemerkung

Den Abschluss bildet ein letzter Steckbrief eines KI-Systems gemeinsam mit einem kurzen Fazit und dem Aufruf, sich dem Thema Künstliche Intelligenz mit kritischer Neugier zu stellen.

1 Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

1.1 Begriffsklärung

Geprägt wurde der Begriff „Artificial Intelligence“ (Künstliche Intelligenz) als Teilgebiet der Informatik bereits 1956 während einer inzwischen legendären Konferenz am Dartmouth College in New Hampshire. Teilnehmer waren unter anderen Marvin Minski und John McCarthy, zwei der Gründerväter der Künstlichen Intelligenz.

Künstliche Intelligenz ist ein Teilgebiet der Informatik

Nach euphorischen Anfängen stießen Forschung und Entwicklung Mitte der 70er-Jahre an Grenzen, die vor allem fehlenden Rechenkapazitäten geschuldet waren. Dies änderte sich Mitte der 90er-Jahre und mit dem Sieg der IBM-Maschine Deep Blue gegen den damaligen Schachweltmeister Kasparow wurde Künstliche Intelligenz wieder ein auch in der breiten Öffentlichkeit viel diskutiertes Thema ([3] S. 9). Seitdem eilt die Künstliche Intelligenz von Erfolg zu Erfolg, getrieben von exponentiellen Entwicklungen in der Technologie, neuen Verfahren und der Verfügbarkeit von Daten.

Was aber versteht man unter dem Begriff „Künstliche Intelligenz“ jenseits von konkreten Anwendungen? Eine einheitliche Definition ist derzeit nicht verfügbar ([2] S. 1). Wir bezeichnen mit Künstlicher Intelligenz Systeme, die möglichst eigenständig Aufgaben lösen können, indem sie die beste mögliche Aktion in einer bestimmten Situation wählen ([2] S. 34). Welche Fähigkeiten ein solches System benötigt, das möglichst eigenständig Aufgaben lösen will, hängt davon ab, in welchem Umfeld es sich befindet.

KI-System lösen eigenständig Aufgaben.

Im Folgenden betrachten wir drei Kriterien für KI-Systeme etwas genauer:

- Lernfähigkeit
- Stärke der Intelligenz
- verwendete mathematische Verfahren

1.2 Programmierte und lernende Systeme

Ein fest programmiertes System (auch einfacher Agent genannt) kann seine Aktionen nicht durch Erfahrungen verändern, es reagiert immer gleich. Wie in **Bild 1.2** gezeigt, nimmt es seine Umgebung über Sensoren (z. B. eine Kamera) wahr und führt anhand vorgegebener Regeln mithilfe von sogenannten Aktuatoren (z. B. Greifarme, Räder, etc.) bestimmte Aktionen durch ([5] S. 77).

Ein fest programmiertes System kann seine Aktionen nicht durch Erfahrungen verändern.

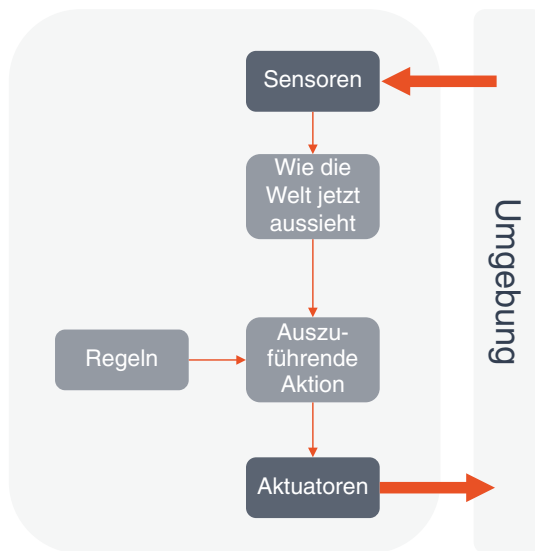


Bild 1.2 Struktur eines einfachen Agenten [Quelle: In Anlehnung an ([5] S. 79)]

Solch einem System entsprechen die meisten klassischen Softwareprogramme. Zur Erläuterung betrachten wir ein Beispiel aus der Biologie, also im Gegensatz zu einer künstlichen, menschengemachten Intelligenz eine natürliche, durch die Evolution entstandene Intelligenz: einen Mistkäfer, der seinen Weg nach Hause sucht [6].

Ausgangspunkt unseres Systems ist der Nistplatz des Mistkäfers (Bild 1.3), den er auf einem gewundenen Pfad verlässt, um nach Futter zu suchen (eine Aktion). Sobald er Futter gefunden hat, kehrt er mit einer weiteren Aktion geradewegs zum Nest zurück. Er weiß genau, wo sein Zuhause ist und nimmt den direkten Heimweg.

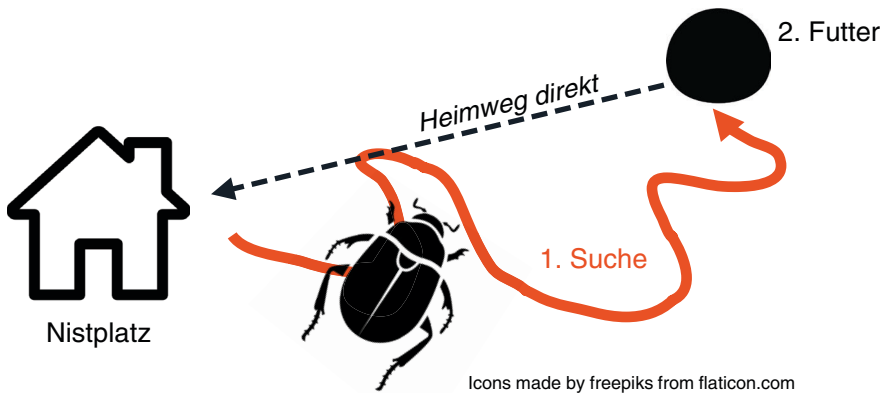
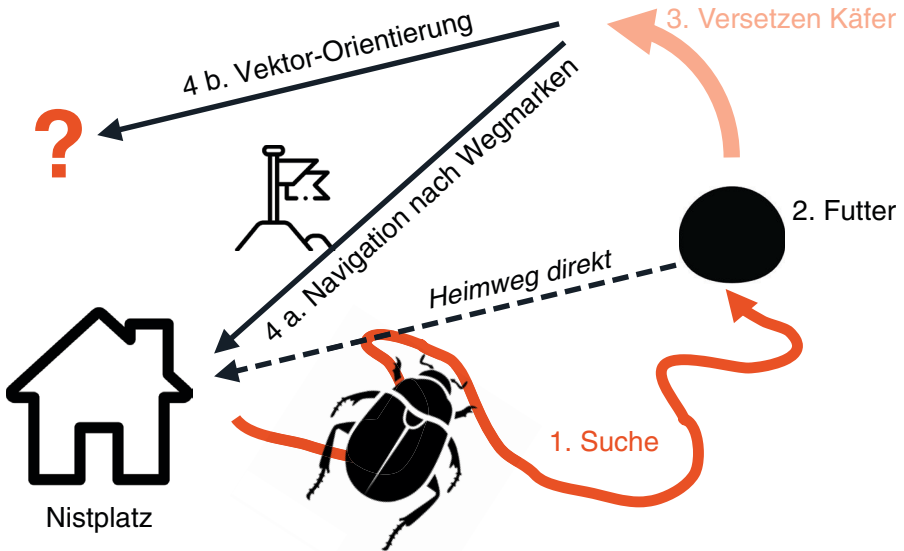


Bild 1.3 Ein Mistkäfer, der Futter sucht und dann nach Hause zurückkehrt

Wie macht er das? Es sind verschiedene Methoden denkbar, mit denen der Käfer diese Aufgabe bewerkstelligt. Zwei Möglichkeiten kann man testen, indem man den Käfer auf einen neuen Platz versetzt, sobald er an der Futterstelle ist (Bild 1.4).

Wenn er Wegmarken benutzt, wird er auch so nach Hause finden. Benutzt er die sogenannte Vektororientierung – zählt er also in jedem Wegabschnitt des Hinwegs seine Schritte und bestimmt seine Richtung – wird

er nach dem Versetzen nicht nach Hause finden, sondern an einer falschen Stelle enden.



Icons made by freepik from flaticon.com

Bild 1.4 Versetzt man den Mistkäfer, findet er den Weg nicht mehr zurück.

Das Experiment mit einem lebenden Käfer ergibt: Versetzt ihn der Experimentator wie in **Bild 1.4** angegeben, so landet er an der mit dem Fragezeichen markierten falschen Stelle.

Der Käfer benutzt also mit der Vektororientierung ein effizientes Regelwerk für den Rückweg, das sehr gut funktioniert, sofern nichts Unvorhergesehenes passiert. Die Navigation nach Wegmarken dagegen würde Lernfähigkeit voraussetzen, da es nicht möglich ist, alle in der Natur vorkommenden unterschiedlichen Wegmarken im Vorhinein zu programmieren. Der versetzte Käfer findet den Weg nicht zurück: Sein reiskorngroßes Gehirn ist hier nicht ausreichend lernfähig und er kann seine Aktionen nicht an eine neue Situation anpassen. Seine „Programmierung“ (durch Mutation und Selektion) ist kurzfristig unflexibel.

Das System Mistkäfer verhält sich in seiner natürlichen Umgebung beeindruckend optimal.

Zur Ehrenrettung von Mistkäfern möchten wir jedoch festhalten, dass sie ihre typischen Probleme in ihrer natürlichen Umgebung seit Jahrtausenden autonom lösen – von einem Experimentator versetzt zu werden, gehört nicht dazu. Damit entsprechen sie unserer obigen Definition von Künstlicher Intelligenz: KI-Systeme sind Systeme, die eigenständig Aufgaben lösen.

Viele Umgebungen erfordern jedoch lernende Systeme, weil eine Vorabprogrammierung auf alle möglichen oder auch nur wahrscheinlichen Zustände der Umgebung nicht möglich ist. Das Erkennen von Verkehrszeichen ist ein Beispiel für die Unmöglichkeit der Vorabprogrammierung, man denke nur an die verschiedensten Möglichkeiten der Verschmutzung. KI-Systemen kann man dagegen beibringen, Verkehrsschilder zu erkennen, selbst wenn sie sehr verschmutzt oder beschädigt sind [7].

Wie bei einem fest programmierten System nimmt auch ein lernendes System (auch lernender Agent genannt) seine Umgebung durch Sensoren wahr und führt mithilfe von Aktuatoren bestimmte Aktionen durch, wie in Bild 1.5 gezeigt ([5] S. 83). Anders als bei fest programmierbaren Systemen sind vor allem das Lernelement und das Leistungselement.

Lernende Systeme können Aktionen durchführen, die zu neuen Erfahrungen führen.

Das Lernelement ist dazu da, Verbesserungen zu erzielen, das Leistungselement wählt die Aktionen aus (Bild 1.5). Das Lernelement verwendet dabei das Feedback aus der „Kritik“ dazu, um die Ergebnisse des Leistungselements zu bewerten und gegebenenfalls Aktionen abzuändern, damit bessere Ergebnisse erzielt werden. Die „Kritik“ wiederum fußt auf der vorgegebenen Nutzenfunktion des Systems. Der Innovator ist dazu da, Aktionen vorzuschlagen, die zu neuen Erfahrungen führen. Unter Erfahrung verstehen wir hier durch Wahrnehmung und Lernen erworbene Kenntnisse und Verhaltensweisen, allerdings ohne die beim Menschen übliche Verknüpfung mit Emotionen.

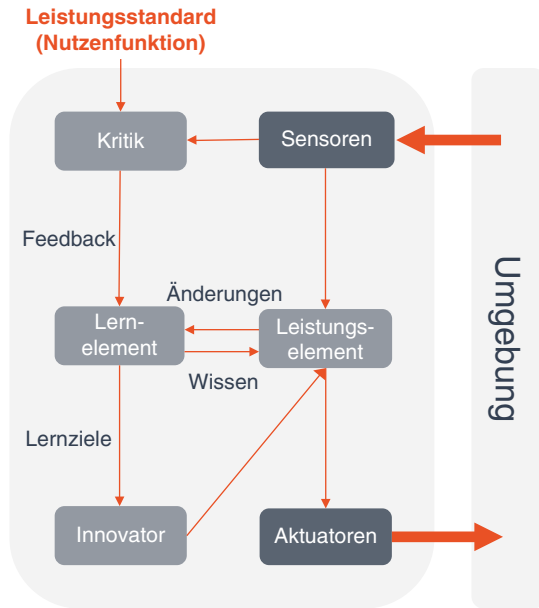


Bild 1.5 Struktur eines lernenden Systems [Quelle: In Anlehnung an ([5] S. 83)]

Auch hierzu gibt es ein stark vereinfachtes Beispiel aus der Biologie: unsere Maus von Bild 1.1. Sie gelangt im Experiment ins Labyrinth und sucht einen Weg nach draußen zum Käse. Wenn sie in eine Sackgasse gelangt, probiert sie einen anderen Weg. Das führt sie so lange durch, bis sie das Labyrinth überwunden hat. Kommt sie nochmals in dasselbe Labyrinth, erinnert sie sich an den richtigen Weg. Kommt sie in ein anderes Labyrinth, verfährt sie für die Suche genauso und erinnert sich auch dort beim zweiten Mal an den Weg. Mäuse arbeiten nicht mit Vektororientierung wie Mistkäfer, sondern mit rasterförmigen Landkarten und Ortszellen [8]. Ortszellen markieren eine bestimmte Position der Maus auf der mentalen Landkarte, Gitterzellen des Rasters erkennen die Bewegung der Maus auf der Karte. So kann die Maus ihre jeweilige Position und Route erkennen, erinnern und planen. Lern- und Leistungselement arbeiten Hand in Hand. Die Problemlösungsstrategie

Lernende Systeme können flexibler auf ihre Umgebung reagieren und zielgerichtet neue Wege gehen.

der Maus ist weitgehend umgebungsunabhängig, da sie in der Lage ist, aus Erfahrungen zu lernen.

Die Maus besitzt also offensichtlich neben Sensoren und Aktoren alle Elemente eines lernenden Systems: eine Nutzenfunktion (Futter finden), die Kritik am Erreichten übt, ein Lernelement, das Erfahrungen zum Beispiel in Form einer erfolgreichen oder gescheiterten Route durch ein Labyrinth speichert, einen Innovator, der neue Wege vorschlägt und ein Leistungselement, das die vorgeschlagenen Planungsoptionen des Innovators bewertet.

Sowohl lernende als auch fest programmierte Systeme können sich intelligent verhalten.

Mistkäfer und Maus zeigen also die Unterschiede zwischen lernenden und nicht lernenden Systemen. Beide Systeme – sowohl lernende als auch klassisch programmierte – können sich aber gemäß der oben genannten Definition intelligent verhalten, da sie die anstehenden Aufgaben lösen.

Es bleibt uns anzumerken, dass die technische Realisierung von KI-Systemen mit der Leistungsfähigkeit sowohl von Mistkäfern als auch von Mäusen derzeit nur in Teilbereichen möglich ist.

1.3 Starke und schwache Künstliche Intelligenz

Wir haben in [Kap. 1.1](#) festgestellt, dass die benötigten Fähigkeiten einer Maschine davon abhängen, in welchem Umfeld sie sich befindet. Die folgende Aufstellung umfasst Fähigkeiten, die für eine Maschine in einem menschlichen Umfeld wichtig sind ([2] S. 2 f.):

- menschliche Sprache verstehen und sprechen
- sich Wissen aneignen
- sich bewegen und Objekte manipulieren
- Lernen, um sich an neue Umstände anzupassen

- Objekte erkennen und die Beziehungen der Objekte untereinander verstehen
- auf Basis ihrer Ziele und ihres Wissens Entscheidungen treffen

Eine Maschine, die diese Fähigkeiten in ausreichendem Maß besäße, wäre uns Menschen vermutlich im Lösen von Aufgaben ebenbürtig. Diese Fähigkeiten sind allerdings technisch alles andere als einfach zu realisieren, Maschinen verfügen derzeit nur über einige davon, nicht über alle. Daher wird in der Literatur zwischen zwei Arten von Künstlicher Intelligenz (KI) unterschieden: schwache und starke KI.

- **Schwache KI** unterstützt Menschen in Einzelbereichen mit bestimmten Fähigkeiten, z. B. bei der Übersetzung von Texten, bei der Überprüfung der Qualität eines Produktes oder Ärzte bei der Diagnose.
- **Starke KI** soll sich insgesamt mindestens so intelligent wie ein durchschnittlicher Mensch verhalten, sie soll menschliches Denken mechanisieren ([9] S. 319).

Schwache KI-Systeme sind am ehesten mit Inselbegabungen (sogenannten „Idiot Savant“) vergleichbar. Sie benötigen kein Bewusstsein und unterstützen Menschen in einzelnen Bereichen. Schwache KI ist bereits weit verbreitet (vgl. dazu die in **Kap. 3** angeführten Anwendungsfelder). Die Anzahl der Bereiche, in denen sie Menschen unterstützt, nimmt derzeit stark zu.

Schwache KI unterstützt Menschen in Einzelbereichen.

Die Existenz von starker KI, die den hier angegebenen Anforderungen entspricht und damit Bewusstsein entwickelt hat, ist derzeit nicht bekannt. Eine solche KI müsste einen „erweiterten Turing Test“ bestehen, bei dem Mensch und Maschine sich im Gegensatz zum traditionellen Turing Test auch sehen und physische Objekte austauschen können.

Starke KI soll sich so intelligent wie ein Mensch verhalten.



Beim klassischen Turing Test führt ein menschlicher Fragesteller ohne Sicht- und Hörkontakt (z. B. über eine Tastatur und einen Bildschirm) eine Unterhaltung mit zwei ihm unbekanntem Gesprächspartnern. Dabei ist einer der Gesprächspartner ein Mensch, der andere eine Maschine. Wenn der Fragesteller auch nach einer intensiven Befragung nicht beurteilen kann, welcher von beiden die Maschine ist, hat die Maschine den Turing-Test bestanden. Beim erweiterten Turing Test erfolgt die Unterhaltung direkt, also mit Sicht- und Hörkontakt [10].

Unserer Vorstellung von starker KI am nächsten kommen Digitale Assistenten wie Siri, Meena oder Alexa mit ihren zahlreichen Fähigkeiten. Tatsächlich sind Siri, Alexa und alle weiteren digitalen Assistenten dieser Welt jedoch schwache KIs.

Chinesische Forscher [11] haben 2016 Intelligenz-Tests mit öffentlich und kostenlos zugänglichen schwachen KI-Systemen wie z. B. Google KI oder Apples Siri durchgeführt. Im Maximum erreichten diese KIs einen Wert von etwa 47, was etwa einem sechsjährigen Kind in der ersten Klasse entspricht. Bereits 2014 wurden ähnliche Tests durchgeführt, bei denen die KI-Systeme noch im Maximum den Wert 27 erreichten (entspricht einem vierjährigen Kind). Die Entwicklung ist also bemerkenswert und Maschinen mit dem durchschnittlichen IQ eines Erwachsenen von 100 scheinen nicht mehr allzu weit entfernt – sofern man eine lineare Entwicklung unterstellt. Damit wäre eine KI mindestens so intelligent wie ein erwachsener Mensch. Allerdings wird mit diesen Intelligenztests eine Objektivität dessen suggeriert, was starke und schwache Intelligenz ist und was nicht. Die Unterscheidung in starke und schwache KI lässt sich jedoch nicht objektiv feststellen, sondern ist abhängig vom Beobachter. Das folgende Beispiel soll das verdeutlichen [12].

Stellen Sie sich jemanden vor, der sein ganzes Leben in einem U-Boot verbracht hat, ohne es je zu verlassen. Er wurde außerdem intensiv im Umgang mit dem U-Boot geschult. Jetzt befinden Sie sich am Strand und sehen, dass das U-Boot sich nähert und auftaucht. Über Funk sagen Sie dem Steuermann:

„Ausgezeichnet, du hast alle Riffe und Untiefen vermieden und bist sehr elegant aufgetaucht! Du hast das U-Boot perfekt manövriert.“ Der Steuermann im Inneren des Boots ist total erstaunt: „Was heißt denn ‚Riffe‘ und ‚Auftauchen‘? Ich habe lediglich Hebel betätigt und Knöpfe gedreht und bestimmte Relationen zwischen den Anzeigen der Geräte beim Betätigen der Hebel und Knöpfe hergestellt – und zwar in einer vorgeschriebenen Reihenfolge, an die ich gewöhnt bin. Ich habe kein ‚Manöver‘ durchgeführt, und was soll das Gerede von einem ‚Unterseeboot‘?“ ([12] S. 149).

Für Sie als Beobachter erscheint das „Verhalten“ des U-Boots als intelligent und bewusst, weil es aus Ihrer Sicht seine schwierige Fahrt durch das Riff angemessen gelöst hat. Tatsächlich hat das Navigationssystem des Bootes jedoch automatisiert und unbewusst gehandelt. Die Zuordnung von Bewusstsein und Intelligenz zu dem System „Boot“ liegt also im Auge des Betrachters.

Im nächsten Kapitel wenden wir uns Verfahren zu, die es erlauben, Künstliche Intelligenz zu implementieren.

1.4 Mathematische Verfahren

Gängige mathematische Verfahren zur Realisierung von Künstlicher Intelligenz sind in **Bild 1.6** im Überblick dargestellt ([3] S. 11).



Bild 1.6 Gängige mathematische Verfahren der Künstlichen Intelligenz. [Quelle: In Anlehnung an ([3] S. 11)]

Besonders beliebt sind derzeit künstliche neuronale Netze. Sie wurden zwar schon in den 40er-Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelt,

wegen fehlender Rechnerkapazitäten damals aber nicht in Anwendungen verwendet und erst vor wenigen Jahren „wiederentdeckt“. Wir gehen wegen ihrer Bedeutung weiter unten (Kap. 2.1.3) genauer darauf ein.

Vier klassische mathematische Verfahren betrachten wir hier etwas näher:

- Regression
- Klassifikation
- Clustering
- Entscheidungsbäume

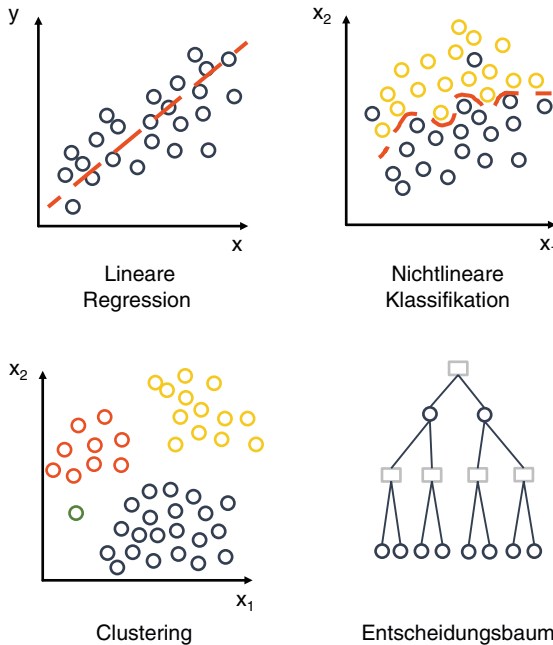


Bild 1.7 Regression, Klassifikation, Clustering und Entscheidungsbäume

Es handelt sich dabei um gängige mathematische Verfahren, die auch im Bereich der Künstlichen Intelligenz Anwendung finden.