



Künstliche Intelligenz und lernende Systeme

Kann ein Computer intelligent handeln?

Norbert Klöcker

Norbert Klöcker
Künstliche Intelligenz und lernende Systeme

Philosophie, Naturwissenschaft und Technik
Band 11

Norbert Klöcker

Künstliche Intelligenz und lernende Systeme

Kann ein Computer intelligent handeln?

Umschlagabbildung © LuckyStep – stock.adobe.com

ISBN 978-3-7329-0648-2

ISBN E-Book 978-3-7329-9342-0

ISSN 2365-4074

© Frank & Timme GmbH Verlag für wissenschaftliche Literatur
Berlin 2020. Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk einschließlich aller Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts-
gesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar.
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen,
Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in
elektronischen Systemen.

Herstellung durch Frank & Timme GmbH,
Wittelsbacherstraße 27a, 10707 Berlin.

Printed in Germany.

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier.

www.frank-timme.de

Inhaltsverzeichnis

Einführung.....	9
1 Der Computer im Vergleich zu menschlichen Fähigkeiten	13
1.1 Die Turing-Maschine, der Kern jedes Computers.....	13
1.2 Menschliche Fähigkeiten im Vergleich zu denen des Computers.....	18
1.3 Der Computer: eine menschliche Maschine?	31
1.4 Zur Beziehung zwischen Mensch und Computer	32
1.5 Der Anfang vom roten Faden.....	34
2 Kants Weg zu Erkenntnis	35
2.1 Überleitung.....	35
2.2 Die Bedeutung der Logik und das Wesen der Natur bei Kant.....	36
2.3 Erfahrung und Kausalität.....	40
2.4 Kausalität am Beispiel des Klaviers.....	43
2.5 An den Grenzen der empirischen Erkenntnis	45
2.6 Der rote Faden.....	54
3 Die Entwicklung der Naturwissenschaften	57
3.1 Entwicklung im Widerstreit von Festhalten und Loslassen.....	57
3.2 Der Beginn der Neuzeit mit Descartes	60
3.3 Die kopernikanische Wende.....	63
3.4 Die weitere Entwicklung der Naturwissenschaften am Beispiel der Masse	65

3.5	Die notwendige Entstehung der Quantenphysik.....	72
3.6	Haben die Naturwissenschaften Kant überholt?	76
3.7	Der rote Faden.....	80
4	Logik, Wahrscheinlichkeit und Zufall.....	83
4.1	Logik und Denken	83
4.2	Eine Liste der Eigenschaften der Logik.....	85
4.3	Die Induktionsmaschine.....	89
4.4	Wahrscheinlichkeit trotz Kausalität	93
4.5	Schein und Wahrheit	95
4.6	Der Zufall.....	97
4.7	Der rote Faden.....	101
5	Des Menschen Zugang zur Welt	103
5.1	Über die Wahrnehmung	104
5.2	Der Zugang zur Welt, wie Pascal und C.G. Jung ihn verstanden	105
5.3	Die zusammengesetzte Wahrnehmung nach Russell.....	109
5.4	Wahrnehmung und Sprache.....	111
5.5	Der Zugang zu Menschen und ihren Werken.....	114
5.6	Und was zeichnet den Zugang des Computers zur Welt aus?.....	117
5.7	Der rote Faden.....	123
6	Über die Wahrheit	125
6.1	Was braucht es, um wahr zu sein?	125
6.2	Wissenschaft und Wahrheit.....	126
6.3	Gadamers Kritik an den Naturwissenschaften	129

6.4	Die Spirale als Weg zur Wahrheit in der Hermeneutik	133
6.5	Über den unmittelbar urteilenden Menschen	135
6.6	Die Bedeutung der Sprache für die Wahrheit	138
6.7	Versuch einer Zusammenfassung der Urteilsbildung jenseits der Logik	142
6.8	Computer und Wahrheit.....	147
6.9	Der rote Faden.....	149
7	Die Grenze menschlichen Denkvermögens	151
7.1	Kants Prinzip der Zweckmäßigkeit in der Natur.....	151
7.2	Die Zweckmäßigkeit von Organisationen im gesellschaftlichen Leben.....	155
7.3	Die Unerklärbarkeit des Prinzips der Zweckmäßigkeit aufgrund der besonderen Beschaffenheit unseres Verstandes.....	157
7.4	Die folgerichtige Antwort auf die Frage: Kann ein Computer intelligent handeln?.....	164
7.5	Der Computer, ein künstlicher Organismus?	167
7.6	Das Ende vom roten Faden	169
8	Nachbetrachtungen und Ausblicke	171
8.1	Der Versuch von Maturana und Varela, die Entstehung von Organismen zu erklären	171
8.2	Der Versuch Gotthard Günthers, die Kausalität der Endursache zu erklären	174
8.3	Sprache erschafft Wirklichkeit	179
8.4	Die Grenze und deren Zukunft.....	180
	Literatur.....	183

Einführung

Schlagen wir Zeitungen auf oder sehen eine Sendung im Fernsehen über heutige und in Zukunft zu erwartende Fähigkeiten von Computern, so lesen und hören wir Wörter wie künstliche Intelligenz, lernende Systeme, neuronale Netzwerke bis hin zu autonomen Fahrzeugen und Robotern. Diesen Begriffen ist gemein, dass sie menschliche Eigenschaften und Fähigkeiten auf Computer übertragen. Mittlerweile sind sie zu einer Selbstverständlichkeit geworden, lassen aber hin und wieder doch aufhorchen. Einerseits üben sie eine gewisse Anziehungskraft aus. Alte Menschheitsträume von einem mühelosen Leben scheinen erfüllbar zu werden. Andererseits entsteht die Sorge, dass Computer irgendwann über den Menschen hinauswachsen und über ihn bestimmen könnten. Es ist der Zwiespalt zwischen der Erwartung neuer Freiheiten und Möglichkeiten, solange die Computer zu Diensten stehen, und der Sorge vor harten Einschränkungen der Freiheit, wenn der überlegene Computer Macht ausübt.

Derartige Ängste sind nicht neu. Goethe hat sie bereits vor mehr als 200 Jahren in seinem Gedicht „Der Zauberlehrling“ zum Ausdruck gebracht. Darin wendet der Zauberlehrling seine begrenzten Kenntnisse an, um sich von der Mühsal zu befreien, Wasser für ein Bad herbeizuschaffen, ohne über diese Erleichterung hinaus zu denken. Ihm fehlen die Zauberworte, um den von ihm geschaffenen Dienstknechten Einhalt zu gebieten. Das Haus droht durch die nicht endenden Wasserfluten überschwemmt zu werden.

Kann es tatsächlich so weit kommen, dass Computer nicht bloß mächtige Werkzeuge bleiben, sondern in absehbarer Zukunft eigenständig zu handeln lernen, was bislang den Menschen vorbehalten ist? Oder ist es sogar schon so weit? Nimmt man die Zuschreibungen ernst, mit denen Computer ausgezeichnet werden, müsste man das annehmen. Dass Computer für viele Menschen bereits heute eine Bedrohung sind,

indem sie ihnen ihre Arbeit abnehmen, persönliche Daten preisgeben oder ihre Freiheit durch unablässige Überwachung einschränken, soll im Folgenden nicht behandelt werden. Denn hierbei ist noch immer der Mensch derjenige, der den Computer für bestimmte Zwecke einsetzt. Es geht hier um die Frage, ob der Computer überhaupt einmal in der Lage sein kann, eigenständig zu handeln.

Bis heute gilt, dass Computer von Menschen für die vorgesehenen Zwecke programmiert werden müssen. Es liegt demnach beim Menschen, dem Computer über die bisherigen Grenzen hinaus Fähigkeiten zu vermitteln. Ist er dazu in der Lage? Kann er sich ein entsprechendes Programm ausdenken? Zur Beantwortung dieser Fragen ist folglich die Grenze des menschlichen Denkvermögens zu bestimmen. Weil wir für dessen Bestimmung wiederum unser Denkvermögen einsetzen müssen, handelt es sich um eine philosophische Fragestellung, die endgültig nicht zu beantworten ist.

Das erste der insgesamt acht Kapitel befasst sich mit dem Computer, seiner Arbeitsweise als Turing-Maschine und deren begrenzte Möglichkeiten, einen mathematischen Beweis zu führen. Außerdem werden darin dem Computer zugeschriebene menschliche Fähigkeiten wie Denken, Lernen, intelligentes Handeln daraufhin untersucht, inwieweit er denen des Menschen nahekommt. Dem folgt mit der Philosophie Kants eine Darstellung der Grundlagen, auf denen die naturwissenschaftliche Beschreibung der Natur und der in ihr herrschenden Gesetzmäßigkeiten beruhen. Am Beispiel, mit dem Klavier einen Ton zu erzeugen, werden diese Zusammenhänge veranschaulicht.

In Kants Philosophie nimmt die Logik einen zentralen Platz ein. Wie sehr sie das menschliche Erkenntnisvermögen prägt und leitet, wird mit dem dritten Kapitel anhand der geschichtlichen Entwicklung der Naturwissenschaften vorgestellt. Das vierte Kapitel wendet sich der Logik und deren Eigenschaften direkt zu. Dabei geht es auch um die Begriffe Wahrscheinlichkeit, Zufall und dem Computer als Induktionsmaschine, eine Anwendung, die gemeinhin als künstliche Intelligenz bezeichnet wird.

Mit den darauffolgenden zwei Kapiteln wird die naturwissenschaftliche Sichtweise auf die Welt verlassen. Ausgehend von der menschlichen Wahrnehmung und Urteilsfähigkeit geht es um die Frage, ob auch darüber wahre Erkenntnis gewonnen werden kann. Zu deren Beantwortung werden die Gedanken und Modelle des Psychoanalytikers Carl Gustav Jung, des Sprachwissenschaftlers Umberto Eco sowie der Philosophen Bertrand Russell und Hans-Georg Gadamer herangezogen.

Gestützt auf Kants teleologisches Urteil, – darunter ist ein auf einen Zweck ausgerichtetes Vorgehen zu verstehen –, wird schließlich im siebten Kapitel die Antwort auf die diesem Buch vorangestellte Frage gegeben, die letztlich in der Frage mündet, ob des Menschen Denkvermögen ausreicht, einen klug handelnden Computer herzustellen. Es folgen im achten Kapitel Nachbetrachtungen und Ausblicke u. a. über den Versuch von Humberto Maturana und Francisco Varela und dem Philosophen Gotthard Günther, die Entstehung von Leben zu erklären und auf dem Computer nachzubilden. Kant hatte geschlossen, dass genau dazu der Mensch grundsätzlich nicht in der Lage ist.

1 Der Computer im Vergleich zu menschlichen Fähigkeiten

1.1 Die Turing-Maschine, der Kern jedes Computers

Was unterscheidet den Menschen vom Computer? Um diese Frage zu beantworten, sind die für beide ausschlaggebenden Merkmale zu vergleichen. Zu diesem Zweck soll mit der Beschreibung des Computers begonnen werden. Dringt man von seiner Oberfläche, über die Menschen mit ihm in Kontakt treten, bis zur untersten Ebene der in ihm ablaufenden Vorgänge vor, so gelangt man zu einem erstaunlich einfachen, dafür aber innerhalb seiner Grenzen uneingeschränkt verwendbaren Kern. Die Arbeitsweise dieses Kerns hat der englische Mathematiker Alan Turing (1912–1954) 1937 veröffentlicht. Nach ihm wird diese unterste Ebene eines Computers Turing-Maschine genannt. Sie wurde zwar nie gebaut, weil sie zur Bearbeitung selbst einfacher Aufgaben viel zu unhandlich und langsam ist. Die praktische Nutzung war auch nicht die Absicht, die Turing mit seiner Maschine verfolgte. Dazu später mehr.

Die nur als Gedankenmodell bestehende Turing-Maschine besteht aus einem Gerät mit einem Lese- und Schreibkopf, an dem ein unendlich langes, mit aneinandergereihten Kästchen bedrucktes Papierband verschoben werden kann, um darauf etwas zu schreiben und davon zu lesen. Die Maschine kann drei verschiedene Arbeitsanweisungen ausführen:

1. „Verschiebe das Band um ein Kästchen nach links oder nach rechts.“

Dabei handelt es sich um eine Gehe-zu-Bewegung, um zu einem bestimmten Speicherplatz, d. h. Kästchen auf dem Band, zu gelangen.

2. „Lies ein, welcher Zustand in dem Speicherplatz eingetragen ist, oder trage in den Speicherplatz einen Zustand ein.“
Es ist der Befehl, einen Lese- oder Schreibvorgang auszuführen.

3. „Vergleiche den auf dem Band eingetragenen Zustand mit dem, der in der Arbeitsanweisung steht. Je nachdem, ob beide übereinstimmen oder sich unterscheiden, führe einen der Arbeitsschritte 1 oder 2 aus.“
Dies ist eine Wenn-Dann-Bedingung, die entsprechend zu befolgen ist.

Was bei einem Arbeitsschritt jeweils zu tun ist, ob z. B. gelesen oder geschrieben und welcher Zustand in das Kästchen eingetragen werden soll, gibt das Programm vor, das aus einer Folge von Arbeitsanweisungen besteht. Das Programm ist in der Maschine gespeichert. Ist es vollständig abgearbeitet, soll die Turing-Maschine anhalten. Dafür gibt es zusätzlich noch die STOP-Anweisung.

Ein Speicherplatz kann nur zwei unterschiedliche Zustände enthalten, ausgedrückt mit den Ziffern 0 und 1. Die drei Arbeitsschritte reichen, um eine Turing-Maschine eine beliebige, logisch aufgebaute Aufgabe bearbeiten zu lassen. Dafür ist die Aufgabe in ein Programm zu übersetzen. Mit dieser Grundausstattung ist jeder heute im Einsatz befindliche Computer im Kern eine Turing-Maschine. Vom Smartphone über Laptop bis hin zu Netzwerken zusammengesessene Computer arbeiten alle nach diesem Verfahren, wie Roger Penrose in seinem Buch „Computerdenken“ (S. 44 ff.) darlegt. Das bedeutet, dass deren Möglichkeiten auf die Abarbeitung logischer Wenn-Dann-Beziehungen, angewendet auf die zwei Zustände 0 und 1, beschränkt sind. Das betrifft sowohl die Aufgabe „ $4 + 7$ “ als auch die Darstellung eines Bildes auf dem Computer. Wie bereits oben angedeutet, hatte Turing nicht die Absicht, auf dieser Grundlage einen gebrauchsfähigen Computer zu bauen. Er wollte vielmehr anhand dieser ‚Maschine‘ einen zu damaliger Zeit für Mathematiker grundlegenden Beweis führen.

Anfang des 20. Jahrhunderts stand die Frage im Raum, ob die Mathematik ohne Hilfe von außen bereits alle Mittel enthält, um jegliche mathematische Behauptung als richtig oder falsch zu erkennen, d.h. einen mathematischen Beweis zu führen. An dieser Stelle setzt die Turing-Maschine an. Aufgrund ihres Aufbaus ist sie in der Lage, alle möglichen mathematischen Aufgabenstellungen durchzurechnen, um zu prüfen, ob sie lösbar sind oder nicht. Man nennt ein nach mathematischen Regeln aufgestellte Behauptung ein logisches System. Die grundsätzliche Frage zur damaligen Zeit lautete, ob ein logisches System in sich geschlossen sein kann. In dem Fall kann der Beweis, ob eine Behauptung stimmt oder falsch ist, mit den im System vorhandenen Mitteln geführt werden, ohne Hilfestellung von außen. Wenn das so gelten würde, könnte man alle bis dahin ungeklärten mathematischen Behauptungen in die Turing-Maschine eingeben und bearbeiten lassen. Irgendwann würde sie in jedem Fall eine eindeutige Antwort liefern. Sie könnte alle Beweise führen.

Ein Beispiel für ein logisches System ist die Behauptung, dass die Wurzel aus 2 eine irrationale Zahl ist. Eine Zahl gilt dann als irrational, wenn sie nicht vollständig aufgeschrieben werden kann. Um sie genau anzugeben, müsste man hinter dem Komma eine unendlich lange Zahlenreihe aufschreiben. Die Zahl π (Pi) zur Berechnung des Kreisumfangs ist ein Beispiel dafür. Ist eine Zahl rational, kann sie als Bruch zweier ganzer Zahlen dargestellt werden.

Nun kann man die Turing-Maschine dafür nutzen, diese zwei ganzen Zahlen zu finden. Dazu muss man ein Programm schreiben, das die Zahl aus $\sqrt{2}$ berechnet und so lange damit fortfährt, bis die Zahlenreihe hinter dem Komma sich nicht mehr verändert, also durch einen Bruch zweier ganzer Zahlen angegeben werden kann. Wenn jedoch die Behauptung stimmt, dass das Ergebnis eine irrationale Zahl ist, würde die Turing-Maschine nie die STOP-Anweisung erreichen, weil es keine letzte noch zu bestimmende Zahl hinter dem Komma geben darf. Folglich kommt sie zu keinem Ergebnis. Sie ist somit nicht in der Lage, den Beweis zu führen. Das bedeutet wiederum, dass die der Turing-Maschine

zur Verfügung stehenden mathematischen Mittel nicht ausreichen, die Frage zu beantworten. Weil sie jedoch über alle mathematischen Mittel verfügt, kann nichts mehr hinzugefügt werden. Damit ist bereits an diesem einfachen Beispiel gezeigt, dass logische Systeme nicht in sich geschlossen sind. Es braucht für den Beweis eine Hilfe von außen in Form von Annahmen, die nicht logisch aus dem System abgeleitet werden können.

Die für den Beweis erforderliche Annahme war in Griechenland bereits vor 2500 Jahren bekannt. Sie besteht in diesem Fall aus einem häufig angewandten Trick, nämlich das Gegenteil der Behauptung anzunehmen und zu prüfen, ob das zu einem Widerspruch führt. Die Behauptung des Gegenteils lautet: $\sqrt{2} = p/q$, wobei p und q ganze Zahlen sind, die außerdem keinen gemeinsamen Teiler besitzen, also nicht weiter gekürzt werden können. Der Beweis führt nach wenigen Schritten zu dem Ergebnis, dass entgegen der Anfangsbedingung p und q durch 2 teilbar sein müssen. Das ist der Widerspruch, der die ursprüngliche Behauptung als wahr bestätigt.

Die Turing-Maschine, die im Stande ist, alle mathematischen Lösungsverfahren anzuwenden, kann also mit ihren Mitteln diesen Beweis nicht führen. Es bedarf einer von außen gestellten Annahme. Es ist demnach kein in sich abgeschlossenes System. Bildlich gesprochen handelt es sich um das sogenannte Münchhausenproblem. Münchhausen war in der Lage, sich mit seinem Pferd am eigenen Schopf aus dem Sumpf zu ziehen. Er musste sich dafür nicht an einem außerhalb des Sumpfes im Boden verankerten Strauch oder Baum festhalten. Ein logisches System verfügt nicht über diese Fähigkeit.

Um anhand seines Maschinenmodells allgemeingültig zu beweisen, dass logische Systeme einen Halt von außerhalb benötigen, um eindeutige Ergebnisse zu liefern, ist Turing einen Schritt weiter gegangen. Er hat sich die Frage gestellt, ob man bereits an dem für einen Beweis erforderlichen Programm der Turing-Maschine erkennen kann, ob sie bis zur STOP-Anweisung gelangt. Bereits diese Möglichkeit würde bedeuten, dass man allein mit mathematischen Mitteln entscheiden kann,

ob diese Mittel für einen Beweis ausreichen. Turing hat nachgewiesen, dass das nicht möglich ist. Und damit hat er in Übereinstimmung mit Kurt Gödel (1906–1978) den Beweis erbracht, dass es kein in sich abgeschlossenes logisches System geben kann.

Gödel hatte den Beweis bereits 1931 erbracht. „Wie Gödel zeigte, muß *jedes beliebige* derart präzise mathematische System von Axiomen [Annahmen] und Ableitungsregeln – vorausgesetzt, es ist umfassend genug [...] und vorausgesetzt, es ist widerspruchsfrei – einige Aussagen einschließen, die mit den innerhalb des Systems zulässigen Mitteln weder beweisbar noch widerlegbar sind.“ (Penrose, S. 99) Sollte es dennoch möglich sein, so bedeutet das, dass der logische Aufbau des Regelwerks fehlerhaft ist. Daraus folgt, dass außerhalb der Mathematik die Voraussetzungen für die Beantwortung mathematischer Fragen gelegt werden müssen.

Die hohe Kunst der Beweisführung besteht also in der Aufgabe, für eine mathematische Aussage die geeigneten Ausgangsbedingungen zu finden, um auf ihrer Grundlage den strengen Regeln der Mathematik folgend zu einem „Wahr“ oder „Falsch“ zu kommen. Das ist das Geschäft der Mathematiker. Sie zeichnen sich gerade durch die Begabung aus, neben ihrem Fachwissen über viel Phantasie zu verfügen, um die für den Beweis erforderlichen Annahmen zu finden. Ihr Ansehen steigt mit der Kürze eines Beweises. Beeindruckende Beispiele eleganter Beweisführung sind bereits von dem griechischen Mathematiker Archimedes (287–212 v. Chr.) überliefert. Er hat als Erster das Problem der Berechnung von Flächen mit gekrümmten Rändern gelöst. Für die Bestimmung des Inhalts einer Fläche, die von einer Parabel und einer Geraden begrenzt wird, hat er den Weg über die Physik eingeschlagen, indem er den Begriff des Schwerpunkts von Körpern, in diesem Fall von Dreiecken, eingeführt hat. (Netz u. a., S. 144 ff.) Es ist nicht möglich nachzuvollziehen, wie Archimedes auf diesen Weg gekommen ist. Es führt kein logischer Weg zu diesen Annahmen, die eine Lösung des Problems ermöglicht haben.

Bezogen auf den Computer besagen diese Ausführungen, dass ihm nicht nur die Aufgabe von außen, d. h. vom Menschen, vorgegeben

werden muss, sondern auch der Lösungsweg in Form des Programms. Die Aufgabe ist außerdem nur dann lösbar, wenn sie in sich widerspruchsfrei beschrieben ist. Das Programm darf keine logischen Fehler enthalten. Der Computer ist nicht in der Lage, das zu überprüfen, weil es sich um ein logisches System handelt, das nicht in sich geschlossen sein kann. Im Unterschied dazu ist der Mensch zwar ebenfalls kein in sich geschlossenes logisches System, aber er ist in der Lage, es durch seine ihm zur Verfügung stehende, nicht logisch erklärbare Phantasie zu ergänzen. Diese Fähigkeit zur Vervollständigung des Systems macht ihn in gewisser Weise zu einem Münchhausen.

1.2 Menschliche Fähigkeiten im Vergleich zu denen des Computers

Die geschilderte Abhängigkeit des Computers vom Menschen ist in der öffentlichen Wahrnehmung ein Stück in den Hintergrund getreten. Stattdessen haben unübersehbar viele Anwendungsmöglichkeiten und die Art, wie sie in der Öffentlichkeit überwiegend dargestellt werden, ein Erscheinungsbild geprägt, das Ähnlichkeiten zwischen Mensch und Computer nahelegt, gar den Computer auf die gleiche Stufe stellt, indem so getan wird, als wäre er in der Lage, mit einem Menschen ein Gespräch zu führen. In vielerlei Hinsicht ist er dem Menschen fraglos überlegen. Anhand von sechs Stichworten soll dieses Erscheinungsbild im folgenden Abschnitt in einer Gegenüberstellung von Mensch und Computer hinterfragt werden. Die Stichworte sind:

- a) Trennung von Geist und Körper, Soft- und Hardware
- b) logisches Denken
- c) Selbststeuerung
- d) Lernen
- e) Intelligenz
- f) Turing-Test