

Geburt und Entwicklung

Die Wiege der Künstlichen Intelligenz steht in Hanover - nicht in der niedersächsischen Landeshauptstadt am Maschsee, sondern in Hanover am Connecticut River im Grafton County des US-amerikanischen Bundesstaates New Hampshire.¹⁷ Bekannt ist der Ort mit rund 11.000 Einwohnern vor allem als Standort der Eliteuniversität Dartmouth College, gegründet im Jahre 1769.

Die KI wurde 1955 in Hanover geboren

Auch das Geburtsjahr der Künstlichen Intelligenz lässt sich genau ausmachen: 1955. In jenem Jahr entstand erstmals der Begriff der Künstlichen Intelligenz. Anfang September 1955 beantragte John McCarthy, Assistenzprofessor für Mathematik am Dartmouth Collage, gemeinsam mit Marvin Minsky, Nathaniel Rochester und Claude Shannon, bei der Rockefeller Foundation die Finanzierung eines Forschungsprojekts namens „Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence“, bekannt geworden als Dartmouth Conference. Damit war die Künstlichen Intelligenz als akademisches Fachgebiet geboren. Die Idee der Konferenz: Im Sommer 1956 sollten ausgewählte Forscher sechs Monate lang versuchen herauszufinden, wie Maschinen dazu gebracht werden können, Sprachen zu benutzen, Abstraktionen und Begriffe zu bilden, Probleme zu lösen, die bislang den Menschen vorbehalten sind, und sich selbst zu verbessern. Am 13. Juli 1956 begann die sechswöchige Konferenz. Die KI-Forschung hatte damals schon längst begonnen, nur ein griffiger Begriff hatte bisher noch gefehlt.

Die Idee, dass sich menschliche Intelligenz oder auch ganz allgemein Vorgänge des menschlichen Denkens möglicherweise automatisieren oder mechanisieren lassen, dass der Mensch eine Maschine konstruieren und bauen könnte, die auf irgendeine Art und Weise intelligentes Verhalten zeigt, ist allerdings schon sehr viel älter. Als früheste Quelle wird zumeist auf Julien Offray de La Mettrie und sein 1748 veröffentlichtes Werk „L’Homme Machine“ verwiesen. Auch die Idee des Laplace’schen Dämons, benannt nach dem französischen Mathematiker, Physiker und Astronomen Pierre-Simon Laplace, kann insofern zu den theoretischen Vorläufern der Künstlichen Intelligenz gezählt werden, als diesem Entwurf die Idee zugrunde liegt, dass das gesamte Universum nach den Regeln einer mechanischen Maschine – gewissermaßen wie ein

Uhrwerk – abläuft, und diese Vorstellung dann natürlich auch den Menschen und seinen Geist, seine Intelligenz, mit einschließt.

In der Geschichte finden sich an etlichen Stellen Berichte von mechanischen Automaten für bestimmte Tätigkeiten, die in einem mehr oder weniger menschenähnlichen Gehäuse eingebaut waren und damit – bis zu einem gewissen Grad – die Illusion eines künstlichen Menschen vermitteln sollten. Teilweise handelte es sich hierbei auch um Jahrmarktsattraktionen bis hin zu Figuren wie C-3PO aus Star Wars.

Neben diesen Automaten, die zumindest von ihren Konstrukteuren und Erbauern meist tatsächlich als Maschinen mit begrenzten mechanischen Fähigkeiten verstanden wurden, gab es auch theoretische und literarische Entwürfe von künstlich erzeugten Lebewesen, die in ihren Fähigkeiten und Aussehen dem Menschen ähnlich sein sollten. Die Idee eines Homunculus wurde schon in der Antike beschrieben, ein Plan für die angebliche Herstellung eines Homunkulus findet sich in der Schrift „De natura rerum“ (1538), die allgemein Paracelsus zugeschrieben wird. Weitere Beispiele sind die jüdische Legende vom Golem in ihren verschiedenen Varianten oder Mary Shelleys Roman Frankenstein. Der polnische Philosoph, Essayist und Science-Fiction-Autor Stanisław Lem veranschaulichte diese Vorstellung in zahlreichen belletristischen Werken.¹⁸

Von starker und schwacher KI

Man unterscheidet zwischen starker und schwacher KI.¹⁹ Die starke KI geht davon aus, dass es beim Denken nicht unbedingt auf das menschliche Gehirn ankommt: „Intelligence is mind implemented by any patternable kind of matter.“ Intelligenz ist unabhängig von der Trägersubstanz, ist also das Postulat der starken KI. Für Marvin Minsky (1927–2016) vom Massachusetts Institute of Technology (MIT), einer der Pioniere der KI, ist „das Ziel der KI die Überwindung des Todes“. Der Roboterspezialist Hans Moravec (*1948), Wissenschaftler an der Carnegie Mellon University, beschreibt in seinem Buch „Mind Children“ (Kinder des Geistes) das Szenario der Evolution des postbiologischen Lebens: Ein Roboter überträgt das im menschlichen Gehirn gespeicherte Wissen in einen Computer, so dass die Biomasse des Gehirns überflüssig wird, und ein posthumanes Zeitalter beginnt, in dem das gespeicherte Wissen beliebig lange zugreifbar bleibt.²⁰

Im Jahr 1964 veröffentlichte der bereits erwähnte Schriftsteller Stanisław Lem ein Buch namens „Summa technologiae“. In dem epochalen Werk nimmt Lem unter anderem eine Gegenüberstellung von technischer und biologischer Entwicklung vor. Beides sind materielle, sich selbst organisierende Systeme, in denen Entwicklung und Fortschritt möglich ist. Sein Fazit: Der Übergang von menschlicher Intelligenz zur

maschinellen Intelligenz ist denkbar – und was denkbar ist, kann auch Realität werden.²¹ Stanislaw Lem könnte Recht behalten.

KI ist interdisziplinäre Forschung

Künstliche Intelligenz ist ein weites, wenig übersichtliches interdisziplinäres Forschungsgebiet. Es baut auf den Arbeiten vieler wissenschaftlicher Disziplinen auf: die Informatik, Mathematik, Logik, Philosophie, Psychologie, Neurologie, Linguistik, Robotik, Biologie Pädagogik, Ethnologie und die Kognitionswissenschaft gehören dazu. Dabei gehen die Forschung von Künstlicher Intelligenz und menschlicher Kognition Hand in Hand: Erkenntnisse aus der Computerwelt helfen, den Menschen besser zu verstehen und vice versa. Im Grunde genommen ist es dasselbe Forschungsgebiet, allerdings jeweils aus umgekehrter Perspektive – mal aus Computersicht, mal aus der Sicht des Menschen.

Die sogenannte starke KI geht von der Vorstellung aus, dass es eines Tages möglich sein wird, eine Intelligenz zu erschaffen, die mindestens so gut funktioniert wie das menschliche Denken. Es ist vor allem diese Vision, die viele Menschen heute umtreibt, wenn es um grundlegende menschliche, ethische und philosophische Fragen rund um das Thema Künstliche Intelligenz geht. Die Erwartung dabei ist einerseits, dass es der Menschheit gelingen wird, eine allumfassend denkende Maschine mit entsprechenden Robotern zu erschaffen, so dass wir ohne Arbeit wie im Paradies leben können. Andererseits existiert die Angst, dass eben diese Maschine mit ihren Robotern die Herrschaft über die Menschheit übernehmen könnte. Bislang gibt es keinen Hinweis, dass eine solche Konstruktion - gleichgültig mit welchem Ausgang - gelingen könnte. Andererseits gibt es natürlich auch keinen Gegenbeweis und die Erfahrung der letzten Jahrzehnte scheint geradezu zu beweisen, dass alles, was wir Menschen uns ausdenken, eines Tages auch Realität werden kann, von der Landung auf dem Mond bis hin zu Chips, die in unseren Körper eingepflanzt werden.

Im hier und heute dreht es sich vor allem um schwache KI, bei der es darum geht, konkrete Anwendungsgebiete des menschlichen Denkens zu meistern. Dabei steht nicht die Frage nach tatsächlicher Intelligenz oder gar maschinellem Bewusstsein im Mittelpunkt, sondern die Herausforderung besteht darin, menschliche Intelligenz so gut wie möglich zu simulieren. Typische Anwendungsbeispiele stellen die automatische Gesichtserkennung, maschinelle Übersetzungen, die Dialogführung oder das autonome Fahren dar. Es genügt, wenn die jeweils eingesetzte KI ihre spezielle Aufgabe möglichst perfekt erfüllt, aber die Gesichtssoftware muss nicht gleichzeitig eine kluge Unterhaltung führen und die Übersetzungssoftware muss nicht Auto fahren können. Einige KI-Forscher gehen davon aus, künftig solche Teilsysteme mit einer übergeordneten Intelligenz zu verknüpfen, um den Weg von der schwachen zur starken

KI zu ebnen. Andere träumen von einer starken KI-Universalsoftware, einer Superintelligenz, die genau wie ein Mensch alles erlernen kann, nur viel schneller und gründlicher. So oder so wird die starke KI auf absehbare Zeit ein Thema für Philosophen und Visionäre bleiben, während sich die schwache KI längst ihren Weg in unseren Alltag bahnt.

Boolesche Algebra: Null und Eins

So faszinierend oder abschreckend die Idee der Künstlichen Intelligenz je nach Blickwinkel ist, so geradezu simpel sind ihre Grundlagen: Die Boolesche Algebra, benannt nach dem Mathematiker George Boole, auf dessen Logikkalkül von 1847 sie zurückgeht, gilt als die Basis der Digitaltechnik. Die Boolesche Algebra bringt, vereinfacht gesagt, die Logik und die Mengenlehre in eine algebraische Struktur. Noch klarer formuliert: Es gibt nur zwei Zustände, Null und Eins, die mit den Operatoren „und“, „oder“ und „nicht“ miteinander verknüpft werden, wobei Null als „falsch“ und Eins als „wahr“ interpretiert werden. Bei der Verwendung im Computersegment spricht man auch von Schaltalgebra. Hierbei entsprechen Null und Eins den zwei Schaltzuständen aus bzw. ein. Auf Elektronikchips übertragen heißt das, „kein Strom“ bzw. „Strom ein“. Die gesamte Digitaltechnik basiert auf diesem Grundprinzip, Computer verarbeiten Nullen und Einsen.

Die Frage, wie man die normale bzw. die analoge Welt in die digitale Welt der Nullen und Einsen überführen kann, beantwortete der Mathematiker und Elektrotechniker Claude Elwood Shannon mit bemerkenswerten Beiträgen, die ihn zum Begründer der Informationstheorie machten. In seinem 1948 veröffentlichten Aufsatz *A Mathematical Theory of Communication (Mathematische Grundlagen in der Informationstheorie)* erarbeitete er die Grundsätze, wie eine von einem Sender kodierte Information über einen gestörten Kommunikationskanal beim Empfänger wieder hergestellt werden kann, ohne dass dabei ein Informationsverlust eintritt. Also beispielsweise: Wie kann eine Boolesche Null oder Eins innerhalb eines Chips, in einem Kabel oder auch per Funk so übertragen werden, dass man mit Sicherheit eine Null bzw. eine Eins am anderen Ende erhält. Diese Zuverlässigkeit ist entscheidend für das Funktionieren von Computern im engsten wie im weitesten Sinn. Denn diese Zuverlässigkeit stellt die Grundlage dar, um Computerprogramme – Software – zum Laufen zu bringen.

Um die Eins- und Nullvarianten in den Griff zu bekommen, wurden Programmiersprachen entwickelt. Sie ermöglichen es, in menschlichen Begriffen auszudrücken, was der Computer – genauer gesagt die Software – verrichten soll. Eine Programmiersprache enthält beispielsweise die Anweisung, „Wenn der Wert X kleiner ist als 50 Prozent, zeige einen Regenschirm im Display, andernfalls eine Sonne“, wobei der Wert X die Regenwahrscheinlichkeit darstellt. Im Programmierkauerwelsch kann

das etwa „If $X < 0,5$ then goto ‚regen‘ else goto ‚sonne‘, wobei „regen“ und „sonne“ wiederum Unterprogramme sind, die das jeweilige Symbol darstellen. Die Übersetzung dieser für darin ausgebildete Menschen formulier- und lesbaren Sprache in Maschinencode, also in Nullen und Einsen, erledigt übrigens auch ein Programm, das entweder Compiler (Übersetzung vorab in einem Stück) oder Interpreter (Schritt-für-Schritt-Übersetzung) genannt wird. Im Laufe der Zeit entwickelte sich eine Vielzahl von Programmiersprachen, Fortran, Lisp, Cobol, Algol, PL/1, Pascal, Smalltalk, Ada, Java, C/C++/C# und die Hypertext Markup Language (HTML), die dem Internet sein heutiges Aussehen gibt.

Vom Algorithmus zur KI

Es wird immer wieder die Meinung geäußert, dass es sich bei Künstlicher Intelligenz im Grunde um nichts anderes als um einen komplexen Algorithmus handelt, der intelligentes Verhalten simuliert. Unter einem Algorithmus wird in diesem Zusammenhang eine in einer Programmiersprache verfasste Abfolge von Computeranweisungen verstanden, die eine vorgegebene Aufgabe lösen soll. Ist der Algorithmus derart komplex, dass er weder auf den ersten noch auf den zweiten Blick zu durchschauen ist, mag der Eindruck intelligenten Verhaltens entstehen. Tatsächlich bedarf es jedoch wesentlich mehr, um den Übergang von einer Abfolge kleiner Programmschritte zu einer Künstlichen Intelligenz Realität werden zu lassen.

Software und Künstliche Intelligenz

Software stellt die Grundlage für jedwede Form Künstlicher Intelligenz dar. Auf der ersten Konferenz zum Thema „Artificial Intelligence“ am 13. Juli 1956 formulierten Allen Newell und Herbert A. Simon die „Physical Symbol System Hypothesis“, die auf den Arbeiten des britischen Logikers, Mathematikers und Kryptoanalytikers Alan Turing, unter anderem auf dem Aufsatz „Computing machinery and intelligence“, basiert. Die hier aufgestellte Hypothese besagt, dass (menschliches) Denken Informationsverarbeitung, und Informationsverarbeitung ein Rechenvorgang, eine Manipulation von Symbolen ist. Auf das Gehirn als solches komme es beim Denken nicht an: „Intelligence is mind implemented by any patternable kind of matter.“ Mit anderen Worten: Intelligenz ist unabhängig von der Trägersubstanz. Genau dies – Denkvermögen losgelöst vom Trägermedium – ist Software.

Dieser Gedanke bildet auch die Grundlage für das vom Roboterspezialisten Hans Moravec in seinem Buch „Mind Children“ („Kinder des Geistes“) beschriebene Szenario der Evolution des postbiologischen Lebens: Ein Roboter überträgt das im