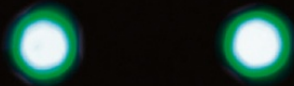


MANUELA LENZEN

# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ



Was sie  
kann & was uns  
erwartet

C·H·Beck

Frau: da fällt dem Helden das Abdrücken besonders schwer – und uns die Einschätzung, womit wir es eigentlich zu tun haben: Was kann ein Roboter und womit steht er in Verbindung? Ist das Programm, mit dem das System Watson Jeopardy spielt, mehr als eine beeindruckende, aber letztlich dumme Suchmaschine? Aber denken kann es gewiss nicht, oder vielleicht doch? Versteht Sophia wirklich nicht, was sie sagt? Hat ein System, das mit Belohnungsfunktionen arbeitet, nicht doch so etwas wie Gefühle? Und wie sollen wir mit den intelligenten Maschinen umgehen? Sollen Roboter aussehen wie Menschen? Darf man sie schlagen? Könnten sie irgendwann zu Bewusstsein kommen? Würden wir das merken? Können sie schuld sein, wenn sie Fehler machen?

Vielleicht werden wir schon in wenigen Jahren ganz selbstverständlich mit intelligenten Maschinen umgehen und solche Fragen als naiv belächeln. Aber um dorthin zu kommen, müssen wir erst einmal versuchen, sie zu beantworten. Wir müssen unsere Intuitionen und unsere Begrifflichkeiten klären. Wir müssen ausprobieren, wie wir auf künstliche Systeme reagieren, welche gut für uns sind und welche nicht. Wir müssen darüber nachdenken, wie wir die klugen Maschinen nutzen können, um die Gesellschaft menschlicher zu machen, nicht nur effizienter. Wir müssen zusehen, dass uns Profit- und Machtstreben die Freude an einer Technologie, von der die Menschheit so lange geträumt hat, nicht gleich wieder verderben.

Denn intelligente Maschinen sind noch in einer anderen Hinsicht etwas Besonderes: Sie waren nie nur dazu da, uns schmutzige, gefährliche oder langweilige Arbeit abzunehmen. Von Beginn der KI-Forschung an dienten sie auch dazu, den Menschen besser zu verstehen. Man habe nur wirklich verstanden, was man auch bauen könne, formulierte der Physiker und Nobelpreisträger Richard Feynman. Das bewegt auch heute viele KI-Forscher. Der Mensch mit seiner vielseitigen Intelligenz stellt das Vorbild. Und viele Programme und Roboter sind Hypothesen darüber, wie der Mensch funktioniert. Roboter und Dialogsysteme bringen Forscher dazu, Menschen (und Tiere) noch einmal ganz genau zu betrachten, um Hinweise zu bekommen, wie sie intelligentes Verhalten bewerkstelligen. Und sie zwingen sie, ihre Theorien so präzise zu formulieren, dass man sie in einer Maschine realisieren kann. Wenn wir die Leistungen der Roboter mit unseren eigenen vergleichen, zwingen uns die Maschinen dazu, auch über uns selbst noch einmal neu nachzudenken: Was genau ist eigentlich Intelligenz? Was ist Autonomie? Was ist Kreativität? Was macht den Menschen aus? Wenn wir heute ein viel differenzierteres Bild der menschlichen Intelligenz haben als in den 1950er Jahren, liegt das auch daran, dass sich Computermodelle immer wieder als zu einfach erwiesen haben. Die Verwirrungsmaschinen können hier zu Präzisierungsmaschinen werden, die uns zeigen, worin wir wirklich gut

sind.

Dieses Buch hat zwei Teile: Im ersten Teil geht es um die Grundlagen, um Algorithmen und maschinelles Lernen, um Roboter und Cyborgs und um das, was dem Menschen aller Voraussicht nach vorbehalten bleiben wird. Im zweiten Teil geht es um die Folgen der Digitalisierung und diejenigen Fragen, über die die Gesellschaft sich in den nächsten Jahren verständigen muss: um den gläsernen Menschen und die Verletzlichkeit der Infrastruktur, die Veränderungen in der Arbeitswelt, um Roboter als Kriegsmaschinen und als Gefährten des Menschen. Den Schluss bildet ein Blick in die Zukunft: Wie könnte unser Leben mit der Künstlichen Intelligenz aussehen? Gibt es vielleicht doch ein wenig Grund, sich auf unsere intelligenten neuen Werkzeuge zu freuen?

# TEIL 1

## WAS KÜNSTLICHE INTELLIGENZ KANN

### 1. WAS IST KÜNSTLICHE INTELLIGENZ?

Künstliche Intelligenz ist in. Es ist ein Etikett, das Maschinen interessant macht und gerne und inflationär auf vielerlei geklebt wird, ob Autos, Suchmaschinen oder Onlineshops. Noch inflationärer wird das Wörtchen «smart» gebraucht: Handys sind schon lange smart, und glaubt man der Werbung, gilt das auch für Kameras und Kühlschränke, Feuermelder, Staubsauger und Fernseher, Zahnbürsten, Armreifen, Toiletten und Bettlaken. Künstliche Intelligenz, so scheint es, ist überall. Aber was bedeuten die beiden Wörter überhaupt?

#### **Optimistische Anfänge, diverse Winter und ein neuer Boom**

Anfang September 1955 reichte der 28-jährige John McCarthy, damals Assistenzprofessor für Mathematik am Dartmouth College in Hanover, New Hampshire, zusammen mit drei Kollegen bei der Rockefeller-Stiftung einen Antrag zur Förderung eines ambitionierten Projekts ein:[1] Zehn ausgewählte Forscher sollten im Sommer 1956 zwei Monate lang herauszufinden versuchen, «wie Maschinen dazu gebracht werden können, Sprache zu benutzen, Abstraktionen und Begriffe zu bilden, Probleme zu lösen, die zu lösen bislang dem Menschen vorbehalten sind, und sich selbst zu verbessern». Dieses Projekt nannte er «Artificial Intelligence», Künstliche Intelligenz.

Die «Dartmouth-Konferenz» gilt heute als Startschuss der KI-Forschung. Tatsächlich steckten die Forscher damals schon mittendrin, nur ein griffiger Name hatte dem Projekt bislang gefehlt. Viele, die heute zu den Gründervätern der KI zählen, waren damals dabei: Warren McCulloch, der schon 1943 zusammen mit Walter Pitts in Anlehnung an die Architektur des menschlichen Gehirns erste künstliche neuronale Netze entworfen hatte; Allen Newell und Herbert Simon, die

ihr Programm «Logical Theorist» präsentierten, das logische Theoreme beweisen konnte. Zwei Monate später stellte der Linguist Noam Chomsky auf einer Tagung am Massachusetts Institute of Technology seine Theorie der Sprache vor, der zufolge ein unbewusst bleibendes Regelsystem es Sprechern ermöglicht, immer neue Sätze zu bilden. Sollte man diese Regeln nicht auch einer Maschine beibringen können?

Die Computertechnik war in den 1950er Jahren gerade dabei, von Röhren auf Transistoren umzusteigen, erste Firmen wie die US-amerikanischen Bell Labs und die deutsche Firma Siemens begannen, kleiderschrankgroße Rechner in Serie zu bauen. Trotz ihrer aus heutiger Sicht bescheidenen Rechenkapazität – UNIVAC I, der erste in den USA für den Markt produzierte Computer, schaffte knapp 2000 Rechenoperationen in der Sekunde – kannte der Optimismus der jungen Forscher kaum Grenzen: Das Problem sei nicht die Leistungsfähigkeit der Maschinen, sondern «unsere Unfähigkeit, Programme zu schreiben, die das Beste aus dem machen, was wir haben», hieß es in McCarthys Forschungsantrag. Eine Maschine zu programmieren, die aus Versuch und Irrtum lernen könne, sei nicht schwierig. Er selbst sei zuversichtlich, bis zum Sommer 1956 eine Maschine, die ein Modell ihrer Umwelt entwickeln und Probleme durch Experimente mit diesem Modell lösen könne, so weit zu haben, dass man sie programmieren könne.[2]

Die großen Fortschritte kamen, wenn auch deutlich später als erwartet. Erst in den letzten Jahren zeichnet sich ab, dass und wie sich einige der kühnen Ideen des legendären Dartmouth-Sommers verwirklichen lassen. Eine Maschine, mit der man sprechen kann, trägt heute jeder in der Tasche herum, lernende Programme können selbstständig Muster in großen Datenmengen erkennen, schon das Navigationsgerät im Auto löst ein alles andere als triviales Problem – wie komme ich am besten von A nach B? –, und in Ansätzen können Programme sich auch selbst verbessern. John McCarthy, der 2011 starb, hat unter anderem mit der Entwicklung der Programmiersprache Lisp viel dazu beigetragen.

Künstliche Intelligenz: Diese beiden Wörter stehen heute für ein weites, interdisziplinäres und wenig übersichtliches Gebiet, auf dem Forscher mit ganz unterschiedlichen Fragestellungen und Methoden daran arbeiten, Systeme zu entwickeln, die Dinge können, wie McCarthy sie aufzählte: Sprache verwenden, Begriffe bilden, Probleme lösen. Künstliche Intelligenz, so heißt es bisweilen flapsig, das ist, Maschinen zu bauen, die können, was die Maschinen in den Science-Fiction können.

Zu den Teilgebieten der KI gehört die Sprachverarbeitung ebenso wie die Darstellung von Wissen in Datenverarbeitungssystemen, automatisches Schlussfolgern, Wahrnehmung und Bildanalyse, die Robotik und diejenige Disziplin, die aktuell am meisten von sich reden macht, die Geschichte der KI jedoch von Beginn an begleitet hat: das maschinelle Lernen.

Die KI-Forschung baut auf Arbeiten vieler Disziplinen auf, vor allem natürlich auf der Informatik: Künstliche Intelligenz ist die Suche nach Computer- und/oder Roboterintelligenz. Andere Möglichkeiten, intelligente Leistungen künstlich zu realisieren, sind bislang nicht bekannt. Die Psychologie steuert Erkenntnisse zu zwischenmenschlicher Interaktion, Lernen und Wahrnehmen bei. Aus der Logik kommen Einsichten in die Struktur von Aussagen, aus der Philosophie Überlegungen, wie Begriffe Bedeutung bekommen oder wie Geist und Materie zusammenhängen. Hinzu kommen mathematische Arbeiten, die elementare Konzepte wie Berechenbarkeit, Algorithmus und Wahrscheinlichkeit definieren, entscheidungs- und spieltheoretische Überlegungen aus der Ökonomie, Erkenntnisse der Neurowissenschaft über das Funktionieren des Gehirns, Einsichten aus der Sprachwissenschaft, der Pädagogik und der Ethnologie sowie, für den Bau der Roboter, der unerschöpfliche Pool biologischer Vorbilder für Körperbau, Sinnesorgane und Gliedmaßen bei Mensch und Tier.

Zeitgleich mit der KI entstand die ebenfalls interdisziplinär ausgerichtete und größtenteils auf dieselben Disziplinen zurückgreifende Kognitionswissenschaft. Im Vergleich zur KI kehrt sie die Perspektive um: Statt sich am Menschen zu inspirieren, um Computer besser zu machen, bedient sie sich – unter anderem – der Computer, um besser zu verstehen, wie die menschliche Kognition funktioniert. Beide Gebiete, KI wie Kognitionswissenschaft, führen das jeweils andere als Teilgebiet des eigenen Unternehmens. Die parallele Entstehung beider Disziplinen zeigt: Der Computer weckte von Anfang an nicht nur die Hoffnung auf intelligente Maschinen, sondern auch auf ein neues, besseres Verständnis von Intelligenz überhaupt.

Bis heute prägt ein Auf und Ab zwischen Phasen der Euphorie und Phasen der Ernüchterung die Geschichte der KI. Mitte der 1950er Jahre schien alles möglich und zum Greifen nahe. Doch die Ernüchterung ließ nicht lange auf sich warten: Erste Programme zum automatischen Übersetzen zwischen Englisch und Russisch, die sich die US-Armee im Kalten Krieg gewünscht hatte, scheiterten an der Komplexität der Aufgabe, autonome Panzer ließen sich nicht realisieren, erste lernende Systeme auf der Basis künstlicher neuronaler Netze zeigten gravierende Mängel. Nachdem Kommissionen von staatlicher wie von militärischer Seite zu dem Schluss gekommen waren, die vollmundigen Ankündigungen der Forscher würden sich nicht realisieren lassen, fuhr die DARPA, die Forschungsabteilung des US-Militärs, die die KI-Forschung in ihren Anfängen massiv und ohne große Vorgaben gefördert hatte, ihre Zahlungen mehrmals zurück. Ende der 1970er und Ende der 1980er Jahre kam es so zu Einbrüchen in der KI-Forschung, die heute als «KI-Winter» bezeichnet werden. Auch in diesen frostigen Zeiten wurde freilich weitergeforscht und -entwickelt. Im Schatten des Scheiterns zu groß angekündigter Projekte wurden die Grundlagen des aktuellen Hypes gelegt. Denn