

Die Mechanisierung des Denkens

Lange vor Alan Turing und Joseph Weizenbaum, nämlich schon im 17. Jahrhundert machte sich René Descartes Gedanken darüber, ob Maschinen je Sprache verstehen werden können. In seinem berühmten *Discours de la Méthode* versucht er an einer Stelle zu zeigen, dass das nicht möglich ist. Dabei geht es ihm allerdings nicht um die Fähigkeiten von Maschinen per se, sondern um die Abgrenzung des Menschen vom Tier. Für Descartes sind sowohl der menschliche als auch der tierische Körper nur Maschinen. In einem Gedankenexperiment stellt er sich vor, dass wir eines Tages eine Maschine bauen könnten, die sich innerlich und äußerlich nicht von einem Affen unterscheiden lässt. Dass das gehen könnte, scheint ihm plausibel. Dann stellt er sich vor, dass wir einen perfekten Androiden bauen könnten, also eine Maschine, die einem Menschen gleicht und sich möglichst auch wie ein Mensch verhält. Wie Turing geht es auch Descartes dabei nicht um das Aussehen, sondern um die Intelligenz. Descartes schlägt zwei »sehr sichere Mittel« vor, mit deren Hilfe man schnell herausfinden kann, dass es sich bei solchen Androiden nicht um echte Menschen handelt:

Das erste ist: Sie könnten niemals Worte oder andere Zeichen gebrauchen, indem sie sie zusammensetzen, wie wir es tun, um anderen unsere Gedanken kundzutun. Denn man kann sehr gut verstehen, dass eine Maschine so gebaut sein soll, Worte zu äußern, und man kann sogar verstehen, wenn sie einige Worte anlässlich körperlicher Vorgänge äußert, die irgendeine Veränderung in ihren Organen verursachen: etwa daß sie, wenn man sie an irgendeiner Stelle berührt, fragt, was man ihr sagen wolle, oder daß sie, berührt man sie an einer anderen Stelle, schreit, man tue ihr weh und dergleichen. Aber man kann nicht verstehen, daß sie Worte verschieden zusammenstellt, um auf den Sinn alles

dessen zu antworten, was in ihrer Gegenwart gesagt werden wird, wie es selbst die stumpfsinnigsten Menschen tun können.¹

Anders als Turing kann sich Descartes nicht vorstellen, dass eine Maschine jemals Sprache beherrschen kann. Obwohl Siri und Alexa bislang den Turing-Test nicht bestehen, so dürften sie doch sprachliche Fähigkeiten besitzen, die weit über Descartes Vorstellungskraft hinausgehen. Sicher, teilweise sind die Antworten von ELIZA und Co nur vorprogrammiert, weswegen sie sich immer noch leicht als Maschinen überführen lassen, so wie Descartes sich das vorstellte. Aber Computer können durchaus »Worte verschieden [zusammenstellen]« und »Zeichen gebrauchen«, denn nichts anderes macht ELIZA. Und Watson und Wolfram Alpha können sich Antworten sogar teilweise aus ihrer Wissensdatenbank erschließen. Angesichts des aktuellen Fortschritts bei Sprachmodellen wie ChatGPT scheint Descartes Behauptung, dass keine Maschine je »Worte verschieden zusammenstellt, um auf den Sinn alles dessen zu antworten, was in ihrer Gegenwart gesagt werden wird«, längst widerlegt. Aber Descartes hatte ja noch ein weiteres Mittel vorgeschlagen.

Das zweite ist: Auch wenn solche Maschinen viele Dinge ebenso gut oder vielleicht sogar besser als irgendeiner von uns verrichten würden, würden sie unvermeidlich bei einigen anderen versagen, und anhand dieser Dinge ließe sich entdecken, daß sie nicht aus Erkenntnis tätig sind, sondern nur aus der Anordnung ihrer Organe. Denn anders als die Vernunft, die ein Universalinstrument ist, das bei allen Arten von Begabenheiten benutzt werden kann, benötigen diese Organe eine ganz bestimmte Anordnung für jede besondere Tätigkeit, und deshalb ist es praktisch unmöglich, daß es genügend viele Organe in einer Maschine gibt, um sie in allen Vorfällen des Lebens in derselben Weise wie unsere Vernunft tätig sein zu lassen.²

Descartes prophezeit weitsichtig, dass Maschinen viele Dinge besser als Menschen erledigen werden können. Aber auch an diesem Zitat sieht man, dass Descartes eine naive Vorstellung von Maschinen hat. Er kannte einfach noch keine Computer. Anders als Turing 300 Jahre spä-

¹ Descartes (2011), Fünfter Abschnitt, S. 97.

² Descartes (2011), Fünfter Abschnitt, S. 97f.

ter konnte Descartes sich nicht vorstellen, dass es je Maschinen geben könnte, die viele verschiedene Tätigkeiten flexibel ausführen können, und nicht für jede einzelne Tätigkeit eine ganz bestimmte Anordnung ihrer »Organe« benötigen. Eben solche Maschinen sind aber Computer. Mit ein paar wenigen elektronischen Organen kann man unterschiedliche Programme ausführen, die verschiedene Tätigkeiten verrichten. Dadurch, dass man mehrere Programme auf einem Computer installieren kann, ist der Computer das »Universalinstrument« schlechthin. Mehr noch: Schachprogrammen sind nicht einzelne Züge durch eine besondere »Anordnung der Organe« einprogrammiert, sondern sie überlegen sich die besten Züge je nach Stellung. Sie sind sozusagen »aus Erkenntnis tätig«.

Descartes irrt also, wenn er glaubt, dass der Gebrauch von Zeichen uns Menschen vorbehalten ist. Descartes irrt auch, wenn er glaubt, dass es keine Maschine mit genügend vielen Organen geben kann, um beliebige Tätigkeiten ausführen zu können. Seine Intuition, dass Maschinen sich mit Sprache und Vernunft schwertun, ist dadurch allerdings nicht unbedingt widerlegt – sie tun sich aber nicht aus den Gründen schwer, die Descartes anführt. Um die aktuellen Entwicklungen und die Grenzen von KI richtig einschätzen zu können, muss man zuerst verstehen, warum Descartes' Vorstellungen über Maschinen falsch sind. Man muss zuerst verstehen, warum der Computer eine wahrhaft revolutionäre Erfindung ist.

Uhrwerke sind die Urahnen der Computer

Descartes kannte zwar keine modernen Computer, aber er kannte komplexe mechanische Apparate, Uhrwerke zum Beispiel. So wie das heute jeder von Kuckucksuhren kennt, gab es damals schon Spielfiguren, die sich auf ähnliche Weise bewegten und auch Geräusche machten. Angeichts solcher Automaten schien es ihm plausibel, dass die Körper von Tieren und Menschen nichts weiter als extrem komplizierte Maschinen sind. Im frühen 19. Jahrhundert waren mechanische Apparate so weit entwickelt, dass es Automaten gab, die wie menschliche Musiker aussahen und durch eine komplizierte Mechanik sich so bewegten, dass sie auf Instrumenten Stücke spielen konnten (im Deutschen Museum in München kann man in der Informatikabteilung einen mechanischen

Trompeter aus dem Jahr 1810 bewundern).³ Dass körperliche Tätigkeiten von Maschinen übernommen werden können, überraschte schon damals niemanden mehr. Schließlich baut man ja Maschinen gerade deswegen, um körperliche Tätigkeiten zu automatisieren. Ein Handwebstuhl ist ein Werkzeug, das benutzt wird, um Menschen bei der körperlichen Tätigkeit des Webens zu unterstützen. Eine Webmaschine automatisiert diesen Prozess so weit, dass die sich wiederholenden Bewegungen nicht mehr von einem Menschen ausgeführt werden müssen, sondern selbstständig von der Maschine übernommen werden.

Körperliche Tätigkeiten, die sich wiederholen, lassen sich leicht mechanisieren. Was aber, wenn die Bewegungen nicht immer gleich sind? Was, wenn ich an einem Tag auf der Maschine ein Blütenmuster weben will, am nächsten aber ein Blättermuster? Auch dafür gab es schlaue Lösungen, denn die mechanischen Webmaschinen Anfang des 19. Jahrhunderts waren programmierbar. Verschiedene Webmuster konnten an einem sogenannten »Jacquardwebstuhl« durch verschiedene Lochkarten eingestellt werden.

Maschinen sind also offensichtlich in der Lage, viele körperliche Aufgaben für uns zu übernehmen. Aber wie sieht es mit geistigen Aufgaben aus? Lässt sich das Denken mechanisieren? Falls es eine Mechanik des Denkens gäbe, dann müsste man diese auch in Automaten nachbauen können, so wie das auch mit dem Spielen von Musik und dem Weben von Mustern funktioniert. Selbst im automatenbesessenen 18. Jahrhundert war man von der Technologie, die es einer Maschine etwa erlaubt, Schach zu spielen, weit entfernt. Erst am Anfang des 20. Jahrhunderts baute Leonardo Torres Quevedo in Spanien einen ersten, einfachen Schachautomaten für Turmendspiele.

Trotzdem erschienen Schachautomaten vielen Menschen schon im 18. Jahrhundert möglich, da sie Webmaschinen und Musikautomaten kannten. Wolfgang von Kempelen baute eine Apparatur, die so aussah, als ob ein »Roboter« in türkischer Tracht vor einem Schachbrett sitzt und spielt. In Wirklichkeit wurde diese Figur über eine ausgeklügelte Mechanik von einem Menschen gesteuert, der so geschickt im Inneren der Maschine versteckt war, dass es selbst heutige Zauberkünstler noch verzückt. Jedenfalls entstand der überzeugende Eindruck, der Automat würde Schach spielen. Dieser Automat, der sogenannte »Schachtürke«, wurde europaweit bestaunt. Genau wie bei heutiger KI wurden pub-

³ Siehe <https://digital.deutsches-museum.de/item/4423/>.

likumswirksame Duelle mit den besten Schachspielern veranstaltet – und angeblich mit vielen Herrschern.⁴ Der Schachroboter war damals die Hauptattraktion einer äußerst erfolgreichen Automatenshow, die durch ganz Europa tingelte. Nicht immer wurde der Taschenspielertrick durchschaut und die Zeitungen waren voll von reißerischen Berichten über dieses Wunderwerk der Technik: ein denkender Automat. Als er später in Amerika zu sehen war, wurde so ausgiebig über diese Sensation berichtet, dass eine Zeitung sogar das Gefühl hatte, sich für die andauernde Berichterstattung entschuldigen zu müssen.⁵

Die eigentliche Computer-Revolution startete schon vorher und war weit weniger spektakulär. Dabei ging es nicht um Show-Veranstaltungen, bei denen Menschen gegen Maschinen antraten, sondern um ganz praktische Probleme. Auch unter geistigen Tätigkeiten gibt es solche, die extrem mühsam sind und sich ständig wiederholen. So beschwerte sich der berühmte Universalgelehrte Gottfried Wilhelm Leibniz schon im 17. Jahrhundert, dass er seine Zeit mit »knechtischen Rechenarbeiten« verschwenden musste.⁶ Kein Wunder, dass er an einer Maschine arbeitete, die ihm diese lästige Tätigkeit abnehmen sollte. Da es schon damals einen großen Bedarf an Berechnungen für praktische Probleme gab, etwa in der Buchhaltung oder bei Landvermessungen, war er nicht der einzige, der an Rechenmaschinen arbeitete. Der Astronom Wilhelm Schickard in Württemberg arbeite genauso an ihnen wie der Mathematiker, Physiker und Philosoph Blaise Pascal in Frankreich.

Diese frühen mechanischen Rechenapparate funktionierten nach ähnlichen Prinzipien wie alte Handzähler oder die Registrierkasse im

⁴ Würde es Sie heutzutage interessieren, den Bundeskanzler in dem Computerspiel StarCraft gegen eine KI spielen zu sehen?

⁵ Das Buch von Standage (2002) erzählt die aufregende Geschichte dieses angeblichen Schachautomaten, die sich bis ins 19. Jahrhundert erstreckt. Obwohl die meisten Berichte darüber, dass er gegen verschiedene Herrscher gespielt hat, wohl falsch sind, ist ein Spiel gegen Napoleon gut belegbar (Kap. 7). Standage zitiert auch einige der reißerischen Zeitungsberichte (Kap. 9, die Entschuldigung über die ständige Berichterstattung findet sich auf S. 153). Viele Leute waren trotzdem zu Recht skeptisch und davon überzeugt, dass es sich um einen elaborierten Streich handeln musste. So auch der Schriftsteller Edgar Allan Poe, der von Kempelens Schachautomaten einen langen Artikel widmete (Poe, 1836; Standage, 2002, Kap. 10).

⁶ Der vollständige, häufig zitierte Ausspruch lautet: »Es ist unwürdig, die Zeit von hervorragenden Leuten mit knechtischen Rechenarbeiten zu verschwenden, weil beim Einsatz der Maschine auch der Einfältigste die Ergebnisse sicher hinschreiben kann.« (Poser, 2016, S. 388)

Tante-Emma-Laden. Dabei beherrschten sie teilweise nicht einmal alle Grundrechenarten, wenn sie überhaupt verlässlich funktionierten. Die komplizierte Feinmechanik in diesen Geräten war damals nur schwer in ausreichender Präzision herzustellen. Selbst Charles Babbage, dessen »Analytical Engine« als der erste Entwurf für einen modernen Computer gilt, scheiterte noch im 19. Jahrhundert an den Tücken der Feinmechanik. (Babbage hat angeblich auch zweimal gegen von Kempelens Schachautomaten verloren, obwohl er den Taschenspielertrick durchschaute.)⁷

Wie Computer rechnen

Erst Fortschritte in Elektrotechnik und Elektronik erlaubten es seit der Mitte des 20. Jahrhunderts, auf mechanische Teile zu verzichten und elektronische Rechenmaschinen präzise und billig genug zu fertigen, um im großen Stil eingesetzt zu werden. Durchgesetzt hat sich dabei ein Entwurf, der auf den ungarisch-amerikanischen Mathematiker John von Neumann zurückgeht, weshalb moderne Computer manchmal auch »Von-Neumann-Rechner« genannt werden.

Die praktischen Details, wie man einen mechanischen oder elektronischen Computer baut, sodass alle Teile verlässlich und schnell zusammenarbeiten, waren bei der Entwicklung des modernen Computers entscheidend. Aber genauso wichtig war es für die Computerpioniere, erst einmal theoretisch zu verstehen, was genau ein Computer eigentlich ist. Alan Turing erfand 1937 eine sehr einfache, hypothetische Maschine, die seither als »Turingmaschine« bekannt ist.⁸ Obwohl richtige Computer nicht nach dem Vorbild der Turingmaschine gebaut werden, erlaubt es diese hypothetische Maschine, die entscheidenden Aspekte eines Computers genau zu verstehen.

Dabei ist es überraschenderweise gar nicht so wichtig zu verstehen, wie genau die Maschine im Detail mit mechanischen oder elektronischen Teilen gebaut werden könnte. Die Idee, mit der Turing startet, ist einfach: Die Maschine soll genau das machen, was Menschen machen, die mit Papier und Bleistift rechnen. Nehmen wir als Beispiel die

⁷ Siehe Michel (2012) und Standage (2002).

⁸ Siehe Turing (1937). Eine kurze und verständliche Einführung findet sich in Kap. 28 des schönen Buches von Dewdney (1989).