

Weshalb unsere Computer dumm sind

Fabian Landau
05-919-881
landauf@ee.ethz.ch

Einleitung

In *Matrix* beherrschen sie die Welt, in *Blade Runner* besitzen sie mehr Weisheit als die Menschen, in *Artificial Intelligence: AI* entwickeln sie Gefühle und schon *Stanley Kubrick* prophezeite vor bald 40 Jahren in *2001: A Space Odyssey* ihre Intelligenz – die Maschinen. Im Text *Der vollkommene Roboter: Prolegomena zu einer Androidologie* behauptet *Michael Scriven*, dass es prinzipiell möglich sei, dass Maschinen Intelligenz und sogar Gefühle entwickeln können. Er wirft verschiedene Einwände auf, welche er anschliessend widerlegt und kommt zum Schluss, dass es prinzipiell nichts gibt, was wir einer Maschine bis in alle Zukunft voraus haben könnten.

Dieser Schluss ist logisch, schliesslich gibt es nur zwei Möglichkeiten: Entweder basiert unsere Intelligenz auf physikalischen Gesetzmässigkeiten und findet ausschliesslich in unserem Hirn statt oder aber Intelligenz ist etwas Übernatürliches, vom Körper Getrenntes, was man nicht durch eine Maschine nachbilden könnte. Da die zweite Möglichkeit weder Hand noch Fuss hat, wollen wir uns an dieser Stelle darauf beschränken, Intelligenz als Produkt hochkomplizierter physikalischer Abläufe zu betrachten, welche man theoretisch genau so gut, wenn nicht gar noch besser, künstlich nachbilden kann.

Da Intelligenz unserer Annahme zufolge etwas rein Logisches ist, können wir davon ausgehen, dass ein entsprechend komplexes Computerprogramm in der Lage ist, Intelligenz zu besitzen. Dabei stellt sich aber die Frage, weshalb es zwar seit über einem halben Jahrhundert Computer gibt, aber noch immer keine intelligente Software. Diese Frage wollen wir im Folgenden beantworten.

Was ist Intelligenz?

Auf der Suche nach den Gründen für unser Versagen, dem Computer Intelligenz zu verleihen, stellt sich zuerst die Frage, was wir unter ‘Intelligenz’ überhaupt verstehen wollen. Bedeutet Intelligenz, dass man eine Rechnung lösen kann? Dass man Schach spielen oder Kreuzworträtsel lösen kann? Oder bedeutet Intelligenz viel eher, dass man Ideen entwickeln, Kunstwerke erschaffen und Kreativität besitzen kann? Oder ist Intelligenz schlicht und einfach die Fähigkeit, zu überleben?

Hirn- und Verhaltensforscher sind sich weitgehend einig, dass sich unsere Intelligenz nicht auf eine einzige Fähigkeit reduzieren lässt. Viel mehr ist Intelligenz ein Sammelbegriff für verschiedene Fähigkeiten wie logisch-abstraktes Denken, räumliches Vorstellungsvermögen, sprachliche Fähigkeiten, Gedächtnis, Musikalität, Intuition, Kreativität oder auch soziale Kompetenz [1]. Wir wollen uns darauf beschränken, eine Maschine dann als intelligent zu betrachten, wenn sie in der Lage ist, selbständig ein Prob-

lem zu lösen, ohne jemals etwas Vergleichbares getan, gesehen oder erlernt zu haben, und zwar alleine dadurch, dass sie Parallelen zu bekannten Teilproblemen ziehen und aus den dabei getätigten Erfahrungen Nutzen ziehen kann.

Als Beispiel wollen wir einen Schachcomputer betrachten. Er ist dumm, denn sein Schachspiel basiert ausschliesslich auf mathematischen Formeln und einer immensen Rechenleistung, mit der er unzählige mögliche Spielverläufe durchrechnet und bewertet. Ist er in der Lage, aus früheren Spielen Erfahrungen zu ziehen und in späteren Spielen gewissermassen 'intuitiv' darauf zurückzugreifen, würde man ihn möglicherweise als 'schlau' bezeichnen. 'Intelligent' ist er aber erst dann, wenn man ihm auch *Vier Gewinnt* oder *Dame* beibringen könnte.

Ein weiteres Beispiel ist eine Software, wie sie bei der Polizei und am Zoll eingesetzt wird: Sie ist in der Lage, das Gesicht einer Person mit Fotos aus einer Datenbank zu vergleichen, um gesuchte Verbrecher aufzuspüren. Da diese Software einzig und alleine dazu konzipiert wurde, menschliche Gesichter zu vergleichen, kann sie nicht als intelligent bezeichnet werden. Intelligent wäre sie erst dann, wenn sie ohne weiteres Zutun dazu in der Lage wäre, beliebige andere Gegenstände zu erkennen und zwar ausschliesslich auf Grund ihrer Erfahrung mit menschlichen Gesichtern. Die Software müsste also erkennen, auf welchen Grundlagen ihre Gesichtsvergleiche basieren und müsste diese selbständig auf beliebige andere Motive anwenden können.

Wir können also zusammenfassend sagen, dass es vier wesentliche Punkte gibt, die eine Maschine intelligent machen: Erkennung, Vergleiche, Erfahrung und Lernen. Oder in anderen Worten: Sie muss Zusammenhänge finden und hinter diesen Zusammenhängen ein Muster erkennen können, um daraus logische Schlüsse zu ziehen, wie sie Erfahrungen mit ähnlichen Mustern auf die neue Situation anwenden kann.

In den folgenden Abschnitten wollen wir eine Erklärung finden, wieso bisher noch keine Maschine dieses eigentlich ziemlich simple Prinzip beherrscht.

Erster Grund: Menschliches Versagen

Nehmen wir mal an, wir wollten einen Schachcomputer programmieren. Dabei reicht es nicht aus, lediglich das Schachspiel zu beherrschen, denn so könnten wir dem Computer nichts weiter als die Regeln des Schachspiels beibringen. Wenn wir wollen, dass unser Schachcomputer Eröffnungsstrategien, Finten, Täuschungsmanöver und weitere Tricks beherrscht, müssen wir diese Strategien nicht bloss kennen, wir müssen sie im Detail durchschauen und ihre Gesetzmässigkeiten erkennen, denn nur so können wir sie in ein Computerprogramm integrieren.

Noch schwieriger wird es, wenn wir wollen, dass unser Schachcomputer

über mehrere Züge hinweg ein ganz bestimmtes Teilziel verfolgt, um beispielsweise die Dame des Gegners zu schlagen. Auch wenn es für uns – mit etwas Übung – leicht möglich ist, eine solche Strategie zu verfolgen, so ist es nahezu unmöglich, diese Vorgehensweise einem Computer beizubringen. Mit anderen Worten: Wenn wir eine Software erstellen wollen, die eine bestimmte Fähigkeit besitzt, müssen wir diese Fähigkeit nicht bloss kennen, wir müssen sie voll und ganz durchschauen.

Und genau hier liegt das Problem: Wie sollen wir eine intelligente Maschine erschaffen, wenn wir die Intelligenz selbst noch nicht einmal exakt definieren können? Wir haben trotz jahrhundertlangem Studium des menschlichen Gehirns erst ansatzweise eine Ahnung, wie unsere Lern- und Denkprozesse funktionieren. Die Art und Weise wie wir mit neuen Situationen umgehen, wie wir Muster und Zusammenhänge erkennen, wie wir unsere immense Anhäufung an Erfahrungen blitzschnell abrufen können, ist höchstens zu erahnen. Es wird noch lange Zeit dauern, bis wir unser Gehirn verstehen, und möglicherweise wird es genau deshalb auch noch lange dauern, bis wir eine Maschine erschaffen können, die wie ein Mensch denkt. Denn bisher waren wir schlichtweg zu dumm, um Intelligenz zu erschaffen.

Zweiter Grund: Falsche Zielsetzung

Ein weiteres Problem liegt darin, dass wir ungeduldig sind. Wir wollen so schnell wie möglich ein Ergebnis sehen. Warum also erst eine intelligente Maschine bauen, nur um sie danach als Schachcomputer zu verwenden, wenn es auch reicht, einen simplen heuristischen Algorithmus zu verwenden, der blitzschnell Millionen von möglichen Spielzügen durchrechnet, um daraus die beste Strategie zu ermitteln? Warum einen Schachcomputer bauen, der Schachspielen KANN, wenn es auch reicht, einen Schachcomputer zu bauen, der sich so verhält als KÖNNE er es? Dabei verzichten wir auf jegliche Intelligenz, denn es ist schlichtweg dumm eine Million Züge auszuprobieren, wenn 99.9 Prozent davon offensichtlich sinnlos sind.

Eine richtige Intelligenz erkennt sinnlose Züge frühzeitig und beschäftigt sich nur mit den sinnvollen. Dabei gewinnt man wertvolle Zeit, es benötigt aber auch Erfahrung, Lernfähigkeit, Intuition und Überblick. Dies alles sind Eigenschaften, die einem Computer für gewöhnlich fehlen.

In der Informatik gibt es einen Bereich, der sich mit der Spieltheorie beschäftigt. Dabei werden Vorgehen entwickelt, die das Ausprobieren von unzähligen möglichen Zügen beschleunigt. Diese Vorgehen beruhen aber allesamt auf einfacher Mathematik und haben nichts mit Intelligenz zu tun. Deshalb können wir folgendermassen resümieren: Die Tatsache, dass wir uns mit Maschinen zufrieden geben, die ein bisschen so tun, als wären sie intelligent, hat dazu geführt, dass wir es schlichtweg versäumt haben, uns mit richtiger Intelligenz zu beschäftigen. Hätte man vor 50 Jahren begonnen,

eine Schachintelligenz zu erschaffen, wäre sie inzwischen möglicherweise fertiggestellt. Stattdessen wollte man schnelle Ergebnisse und so haben wir heute noch immer die selben oberflächlichen Algorithmen, wie wir sie schon vor 50 Jahren hatten.

Dass Schachcomputer inzwischen Grossmeister schlagen, liegt nicht an ihrer Intelligenz. Es liegt lediglich daran, dass heutige Computer um einige Grössenordnungen schneller sind als noch vor ein paar Jahrzehnten.

Dritter Grund: Andere Denkweise

Wenn ein Mensch ein Bild sieht, sieht er Farben und Formen, helle und dunkle Stellen, er sieht grüne Flecken, die an Bäume erinnern und blaue Flächen, die wie Wasser aussehen. Er sieht Konturen, die an ein Gesicht erinnern und dunkle Flecken, die wie Augen erscheinen. Er sieht einen Mund, vielleicht ein Lächeln, und Haare, lose oder gebunden, vielleicht auch geflochten. Was er auch sieht, es sind bestimmte Reize die er wahrnimmt, die ihn an bereits Gesehenes erinnern und in ihm Gefühle auslösen.

Wenn ein Computer ein Bild sieht, sieht er eine lange Folge aus 0 und 1. Im Prinzip sieht er das Selbe, wie wenn man ihm einen Text eingibt oder ein Lied vorspielt. 0 und 1 sind die einzigen Reize, die ein Computer kennt. Diese simplen Reize in Farben und Formen umzuwandeln, diesen langen Zahlenfolgen einen Sinn zu geben, ist ausserordentlich schwierig und wurde bisher erst ansatzweise verwirklicht.

Wie schon die Spieltheorie ist auch die Bildererkennung ein wesentlicher Bestandteil der Informatik. Und wie in der Spieltheorie versucht man auch hier vor allem, ein Bild durch Mathematik zu beschreiben. Dabei entstehen aber wesentliche Probleme, denn während es für uns keinen Unterschied macht, ob wir einen Tisch direkt sehen oder ob wir ihn durch einen Maschendrahtzaun erblicken, so ist dies für einen Computer ein wesentlicher Unterschied. Noch schwieriger wird es, wenn Gegenstände teilweise verdeckt, unterschiedlich beleuchtet oder in Bewegung sind.

Die Art und Weise, wie ein Mensch einen Reiz wahrnimmt, ist grundsätzlich verschieden zur Wahrnehmung eines Computers. Deshalb ist es nahezu unmöglich, einen Computer genau so auf Reize reagieren zu lassen, wie wir es tun.

Noch grösser sind die Unterschiede, wenn es darum geht, Gelerntes abzurufen. Während ein Mensch immer gebildeter wird, je mehr er lernt, wird ein Computer dabei immer langsamer. Die Gründe dafür liegen in der unterschiedlichen Datenverarbeitung. Ein Gehirn kann verschiedene Reize parallel verarbeiten und ist dadurch in der Lage, unabhängig von der Anzahl der erlernten Erfahrungen in kürzester Zeit die richtige abzurufen. Ein Computer hingegen arbeitet seriell, was zur Folge hat, dass er – auf der Suche nach einer bestimmten Erfahrung – sämtliche je getätigten Erfahrun-

gen durchsuchen muss, bis er auf die gewünschte stösst. Dies führt dazu, dass doppelt so viele Erfahrungen zu einer doppelt so langen Suchzeit führen.

Auf dem heutigen Stand der Technik ist dieses Problem kaum zu umgehen. Um es zu lösen, benötigen wir vermutlich neue Hardware-Architekturen, die speziell für intelligente Systeme entwickelt werden. Alternativ könnte man eine künstliche Intelligenz in verschiedene Bereiche unterteilen, wobei jede Instanz nur für einen kleinen Aufgabenbereich zuständig ist. Dies erinnert an die Funktionsweise des Gehirns, welches seine Aufgaben ebenfalls auf verschiedene Zentren verteilt, wie zum Beispiel das Sprach- oder das Sehzentrum [2].

Vierter Grund: Mangelnde Interaktion

Ein Berühmtes Zitat [3] von *René Descartes* lautet: “Ich denke, also bin ich.” Doch wie sieht es mit einer intelligenten Software aus? ‘IST’ diese Software? Oder denkt sie bloss? Immerhin hat sie keinen Körper, keine Nerven, keine Augen, kann sich nicht bewegen und nicht kommunizieren. Sie ist gefangen in einer Maschine, über die sie keine direkte Kontrolle hat. Ist Intelligenz unter diesen Umständen überhaupt möglich?

Wie wir alle wissen, sind das Lob und die Bestrafung entscheidende Elemente bei der Erziehung eines Kindes. Sie vermitteln dem Kind positive oder negative Antworten auf alle seine Taten. Selbst wenn diese Antworten nicht von einem Erzieher, sondern von der Umwelt vermittelt werden – Hinfallen bringt Schmerzen, Laufen bringt Vorteile – sind sie ein ständiger Begleiter unserer Handlungen. Ohne sie könnten wir nicht lernen.

Doch wie erzieht man eine künstliche Intelligenz? Man könnte ihr zum Beispiel ein Bewertungsverfahren einbauen, über das wir all ihre Handlungen bewerten. Doch diese Erfahrungen sind nicht direkt und nicht richtig dosiert, denn sie stammen von uns und nicht direkt aus der Umwelt. Auch fehlt einer intelligenten Software die Möglichkeit, neue Ideen auszuprobieren, weil ohne die Bewertung des Menschen keine Reaktion darauf erfolgt.

Um also einer künstlich erschaffenen Intelligenz die Möglichkeit zu geben, ihr Handeln beurteilen zu lassen, muss man ihr eine Umwelt zur Verfügung stellen, in der sie experimentieren kann. Genau wie ein Kind muss auch eine intelligente Maschine Grenzen erfahren, um ihre Möglichkeiten einschätzen zu können. Wenn wir wollen, dass uns eine Maschine versteht, muss sie nicht nur denken können wie wir, sie muss auch fühlen wie wir. Wie soll man einer Maschine die Farbe Rot erklären, wenn sie keine Augen hat? Wie soll man einer Maschine beibringen, dass sie Rücksicht auf die Menschen nehmen soll, wenn sie keine Schmerzen kennt?

Ich kann und will diese Frage an dieser Stelle nicht beantworten. Es reicht aber, wenn wir festhalten, dass Intelligenz eine Umgebung braucht, in der sie gedeihen kann. Wenn wir eine Maschine erschaffen, die Fragen

stellen kann, müssen wir ihr auch Antworten geben. Wenn sie fühlen soll, müssen ihr auch Gefühle vermittelt werden. Eine simple Eingabe über die Tastatur wird in den seltensten Fällen ausreichen.

Fazit

Auch wenn es prinzipiell möglich ist, eine intelligente Maschine zu erschaffen, so ist dieses Vorhaben keineswegs eine leichte Aufgabe. Wir müssen nicht nur verstehen, was Intelligenz ist, wir müssen auch verstehen, auf was Intelligenz basiert, welche Umgebung Intelligenz benötigt und wie eine Intelligenz denkt. Denn Intelligenz ist anders als alles andere, was der Mensch je erschaffen hat. Intelligenz ist etwas Eigenständiges. Intelligenz ist Leben.

Wenn man Intelligenz erschaffen will – und das wollen bestimmt viele – ist es wichtig, dass man nicht auf das Ziel hinarbeitet, wofür die Intelligenz bestimmt ist, sondern dass man sich mit der Intelligenz selbst beschäftigt. Man muss auch bedenken, dass Intelligenz lernen muss. Das bedeutet, dass jede Intelligenz nach ihrer Entstehung wie ein Kleinkind erzogen werden muss. Sie benötigt einen Begriff von Richtig und Falsch und von Gut und Böse, um eine Antwort auf ihre Handlungen zu erhalten. Und sie benötigt eine Umgebung, in der sie aufwachsen kann. Schliesslich ist es kein Zufall, dass sämtliche intelligenten Wesen in ihren Anfängen einen ausgeprägten Spieltrieb haben. Er dient der Erfahrungssammlung. Neues muss entdeckt und Bekanntes kombiniert werden. Nur so kann eine Intelligenz ein Verständnis für ihr Handeln bekommen.

Schlussendlich sollte man sich auch stets bewusst sein, dass Intelligenz kein Spielzeug ist. Wenn wir eine Maschine erschaffen, die denkt und fühlt wie wir es tun, sind wir ihr gegenüber genau so zu Anstand und Respekt verpflichtet, wie wir es anderen Menschen gegenüber sind. Falls eine Maschine Gefühle entwickeln sollte, dürfen wir diese genau so wenig verletzen, wie wir wollen, dass die Maschine unsere Gefühle verletzt. Die blosser Tatsache, dass wir diese Intelligenz erschaffen haben, dass wir sie an- und ausschalten können wie es uns beliebt, berechtigt uns noch lange nicht dazu, mit ihr zu tun was wir wollen. Denn – wie hat uns doch *Spiderman* so schön gelehrt – grosse Macht bringt grosse Verantwortung.

References

- [1] <http://www.planet-wissen.de/pw/Artikel,,,,,,,,,AB13DA2FA95B020FE0340003BA17F124,,,,,,,,,,,,,html>
- [2] <http://gripsdb.dimdi.de/rochelexikon/ro12500/r13182.html>
- [3] http://de.wikiquote.org/wiki/Ren%C3%A9_Descartes