

PS Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens
LVA 185.170

Thema: *Können Computer denken?*

DIE GESCHICHTE
DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ

Paul Schindler
0425642

Zusammenfassung

Die Wissenschaft der künstlichen Intelligenz ist faszinierend; sei man sich ja sogar bei der Definition der (menschlichen) Intelligenz an sich auch noch immer nicht ganz einig.

Zu einem eigenständigen Fachgebiet wie dem der künstlichen Intelligenz bedarf es zunächst der Frage nach dem Beginn, also nach dem Ursprung und den Wurzeln. Wie hat alles begonnen, was war dafür nötig, was waren die anfänglichen Ideen dahinter, und vor allem welche wichtigen, berühmten Persönlichkeiten leisteten erste Pionierarbeit und welche (eventuell dieser Personen) prägen das Fachgebiet der künstlichen Intelligenz auch heute noch?

1 Einleitung

Um die Geschichte der künstlichen Intelligenz zu erarbeiten, ist man zunächst gezwungen, den Begriff „künstliche Intelligenz“ näher zu beschreiben. Was *ist* künstliche Intelligenz, beziehungsweise was ist *Intelligenz* überhaupt?

Die Frage nach der Definition von Intelligenz im Detail zu beantworten, wäre jedoch nicht das Ziel des Inhalts und der Informationsvermittlung dieser Dokumentation. Daher setze ich dies einfach voraus und nehme die „selbsterklärende Definition“ der Intelligenz als gegeben.

Es kristallisiert sich nun die Frage heraus, was man unter künstlicher Intelligenz versteht. *Alan Turing*¹ definierte dies in seiner berühmten Turing-Maschine, die besagt, dass eine Maschine genau dann als intelligent bezeichnet werden muss, wenn man sie in einer Konversation via Terminal nicht von einem Menschen aus Fleisch und Blut unterscheiden kann.

Diese Definition spaltet die Kenner sowohl in Anhänger, als auch in Gegner. Wie jedoch die Anfänge und Wurzeln der künstlichen Intelligenz aussehen und wie sich diese bis heute entwickelt haben, werde ich nun in den folgenden Kapiteln erläutern.

2 Drei wichtige Disziplinen

Die künstliche Intelligenz ist zu einem eigenständigen Fachgebiet geworden. Zu dieser Entstehung waren drei wichtige „Disziplinen“ notwendig, die die anfängliche Entwicklung entscheidend geprägt haben:

- Die mathematische Logik
- Die Algorithmentheorie
- Die Rechentechnik

Im Folgenden wird nun genauer auf die Definition der einzelnen Disziplinen und natürlich auch auf die dafür wichtigen Personen eingegangen.

2.1 Die mathematische Logik

Die Disziplin der mathematischen Logik befasst sich im Wesentlichen mit Schlussfolgern. Es sollen von gegebenen Axiomen (Annahmen) gewisse Aussagen abgeleitet werden, von denen entschieden wird, ob sie wahr oder falsch sind.

Die Wurzeln dieser Disziplin findet man schon im 17. Jahrhundert, wenn man *Gottfried Wilhelm Leibniz* betrachtet, der ja zu dieser Zeit gelebt hat, und wichtige Schritte im Bereich der Wahrheitslogik und des binären Zahlensystems getan hat.

¹Alan TURING, 1912 – 1954, Britischer Mathematiker.

Im Folgenden werde ich die wichtigsten Persönlichkeiten auflisten, die mit der Disziplin der mathematischen Logik in Zusammenhang gebracht werden müssen.

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716): Leibniz ist bekannt als Begründer des binären Zahlensystemes. In seinem Werk „*Logica Mathematica*“, das er im Jahre 1679 verfasste, beschrieb er Verfahren zur rechnerischen Ermittlung, ob gewisse Aussagen der Wahrheit entsprechen.

George Boole (1815 – 1864): Sein Name findet noch heute große Bedeutung, zum Beispiel in manchen Programmiersprachen, in der Elektronik oder der Digitaltechnik. Ein sogenannter „bool’scher“ Ausdruck bedeutet einen Wert, der genau zwei Zustände annehmen kann, nämlich *wahr* oder *falsch*.

George Boole war Begründer dieser Logik, die im Allgemeinen als *Boole’sche Algebra* bezeichnet wird. Boole stellte fest, dass man gewisse Aussagen mit den Operationen *UND*, *ODER*, *NICHT* verknüpfen kann, um so Wahrheiten durch solche Ausdrücke übertragen zu können. Diese Logik ist in den Grundlagen mathematischer Beweise oder auch in der Analyse elektrischer Schaltungen zu finden.

Auf seine Erkenntnisse bauen die Gottlob Freges auf.

Gottlob Frege (1846 – 1925): Gottlob Frege war Begründer der sogenannten *axiomatisch-deduktiven* Logik. Axiome sind ja bekanntlich Annahmen, und Deduktive sind nichts Anderes als Schlussfolgerungen. Das heißt, es handelt sich um eine Logik, die aus gewissen Annahmen spezielle Schlussfolgerungen als Ziel hat. Diese Logik baut auf die von George Boole auf.

Freges Werk *Begriffsschrift*, welches er im Jahre 1897 verfasste, beinhaltet die Darstellung der modernen Logik und beruht auf eben dieser axiomatisch-deduktiven Logik. Nach der Veröffentlichung dieses Werkes wurde er zum außerordentlichen Professor berufen.

Russell und Whitehead: Bertrand Russell (1872 – 1969) und Alfred N. Whitehead (1861 – 1947) waren zwei britische mathematische Logiker und Philosophen, die in der Wissenschaft der Mathematik einen großen Schritt getan haben, indem sie in ihrem im Jahre 1910 erschienenen Werk „*Principia Mathematica*“ zeigten, dass große Teile der Logik und Mathematik in einer formalen Sprache (*Kalkül*) dargestellt werden können.

Kurt Gödel (1906 – 1979): Der Mathematiker Kurt Gödel, der zunächst auch an der Universität Wien tätig war, verfasste im Jahre 1932 das Unvollständigkeitstheorem. Es besagt kurz zusammengefasst, dass es in jeder axiomatisch (also durch

Annahmen) begründeten Theorie ab einer bestimmten Komplexität immer Aussagen geben muss, die auf Basis der Axiome weder bewiesen noch widerlegt werden können. Wirkungslos bleibt hier das Hinzufügen weiterer Axiome, da dies nur zu weiteren unbeweisbaren Aussagen führen würde.

Zusammenfassend besagt die Disziplin der mathematischen Logik, dass es durchaus möglich ist, Teile des menschlichen Denkens (oder Denkverhaltens) künstliche zu formalisieren und zu beschreiben. Somit wird „folgerichtiges Denken“ durch Gesetze und Abläufe erklärbar.

2.2 Die Algorithmentheorie

Um die Disziplin der Algorithmentheorie näher erläutern zu können, muss man zunächst den Algorithmus an sich definieren. Was genau *ist* eigentlich ein Algorithmus?

Ein Algorithmus ist im Prinzip nichts Anderes als eine Folge von gewissen vordefinierten Instruktionen, durch welche Eingabegrößen in Ausgabegrößen umgewandelt werden. Das bedeutet, komplexe Berechnungen, wie sie ja im Bereich der künstlichen Intelligenz immer wieder auftreten, sollen zurückgeführt werden auf eine Folge von einfachen (oder *einfacheren*) Umformungen. Durch einen Algorithmus können bestimmte Theorien als wahr oder falsch bezeichnet werden.

Man muss unterscheiden zwischen *numerischen* und *nichtnumerischen* Algorithmen. Numerische Algorithmen beschäftigen sich mit Zahlen, während nichtnumerischen Algorithmen zum Beispiel beschleunigtes Suchen oder Mischen von diversen Objekten als Ziel haben, und daher für die künstliche Intelligenz von großer Bedeutung sind.

Die Algorithmentheorie hat gezeigt, dass es für bestimmte Aufgabe durchaus möglich ist, die Lösung von einem Automaten ausführen zu lassen. Bei künstlicher Intelligenz findet man diese automatische Folge von Instruktionen wie gesagt unter nichtnumerischen Algorithmen wieder.

Wichtig in dieser Disziplin waren die Erkenntnisse des britischen Mathematikers Alan Turing über die Frage, wie ein Rechner zu arbeiten hat, um einen Algorithmus ausführen zu können.

2.3 Die Rechentechnik

Die Rechentechnik ist insofern sehr verwandt mit der Algorithmentheorie, als dass sie die gerätetechnische Realisierung dieser darstellt. Einfach ausgedrückt wäre das ein handelsüblicher *Personal Computer*, der dies ermöglicht.

Den ersten Computer mit Programmsteuerung entwickelte der Deutsche *Konrad Zuse*² noch vor dem Zweiten Weltkrieg und nannte ihn „Z1“. Zuse erfand Z1 ursprünglich aus

²Konrad ZUSE, 1910 – 1995, Deutscher Maschinenbauingenieur und Erfinder.

dem Grund, um den Ingenieuren Rechenarbeit abzunehmen. Nachdem dieser jedoch in den Zeiten des Krieges zerstört wurde, entwickelte er weitere, bessere Maschinen.

Eine weitere wichtige Persönlichkeit auf dem Gebiet der Rechentechnik war *John von Neumann*³. Er erfand die sogenannte „*Princeton Machine*“, dessen Prinzip sich von der Abarbeitung der Befehlsfolge bis zum heutigen Tag durchgesetzt hat und als die *Von-Neumann-Architektur* bezeichnet wird.

3 Entwicklungsetappen

Die künstliche Intelligenz hat sich mittlerweile zum eigenständigen Fachgebiet entwickelt. Den Beginn, oder auch die Geburtsstunde der künstlichen Intelligenz, wird oft auf die 50er Jahre datiert. Zu dieser Zeit fand die sogenannte *Dartmouth-Conference* statt, woran zahlreiche Professoren vom MIT (Massachusetts Institute of Technology) teilnahmen; sie war als Erste vollständig den Arbeiten der künstlichen Intelligenz gewidmet.

Daraus ergaben sich eine Menge Forschungsgruppen an diversen Universitäten wie beispielsweise Stanford, welche die Entwicklung der künstlichen Intelligenz lange Zeit bestimmten. Die weitere Entwicklung kann in drei Abschnitte geteilt werden:

- Die klassische Epoche (Spielen und logisches Schließen)
- Verstehen natürlicher Sprache
- Wissensbasierte Systeme (Der heutige Stand ...)

Im Weiteren werde ich nun genauer auf die einzelnen Epochen der Entwicklung eingehen.

3.1 Die klassische Epoche (Spielen und logisches Schließen)

Die künstliche Intelligenz hat bei Computerspielen einen sehr hohen Stellenwert. Klassisches Beispiel dafür wäre das Schachspiel. Mittlerweile gibt es Schachcomputer, die solch hervorragende Ergebnisse erzielen wie beispielsweise ein Unentschieden, und in seltenen Fällen sogar ein Sieg gegen einen berühmten (menschlichen) Schachweltmeister.

Wie müssen solche Schachcomputer programmiert sein? Eine Art „Durchprobieren“ der Lösungen wäre natürliche die naheliegendste Methode, jedoch gibt es ungefähr 10^{200} Möglichkeiten, wie die einzelnen Figuren auf dem Brett zueinander stehen können, und daher wäre diese Art von Lösungsansatz aufgrund des Aufwands und der Laufzeit inakzeptabel. Eine andere, sinnvollere Methode muss her. Diese Überlegung führt zu einer Art *Suchen* eines bestimmten Zielzustandes, abhängig von einem gewissen Ausgangszustand. Dabei hat es immer höchste Priorität, die Anzahl an Schlussfolgerungsregeln möglichst klein zu halten.

³John VON NEUMANN, 1903 – 1957, Ungarischer Mathematiker.

Es stellte sich jedoch heraus, dass maschinelle „Intelligenz“ nicht alleine durch Suchalgorithmen aufgebaut werden kann. Erfolgreiche Lösungswege sollten daher durch Erfahrungen und Vermutungen gefunden werden.

3.2 Verstehen natürlicher Sprache

Seit den anfänglichen Gedanken, Intelligenz künstlich darzustellen, existiert der Wunsch nach einem (maschinellen) System, welches die natürliche, menschliche Sprache verstehen und richtig interpretieren kann.

In den Sechziger und Siebziger Jahren erreichten die Ergebnisse der Arbeiten auf dem Gebiet der künstlichen Sprachverarbeitung beachtliche Ergebnisse, deren Weiterentwicklung sich heutzutage in „intelligenten“ Robotersystemen wiederfinden lässt.

Ein Beispiel hierfür wäre das von *Terry Winograd*⁴ entwickelte Programm „*SHRDLU*“, im Deutschen auch „*Klötzchenwelt*“ genannt. In diesem Programm bekommt der Benutzer das Gefühl, sich mit dem Computer zu unterhalten, da SHRDLU gewisse Teile der Semantik eines eingegebenen Satzes über einen (in der Programmiersprache LISP erstellten) Parser in einen für den Rechner verständlichen Syntax umwandelt und somit die gewünschten Befehle ausführen kann.

Diese und ähnliche Programme, die zu dieser Zeit entwickelt wurden, brachten enorme Fortschritte auf dem Weg zur maschinellen Verarbeitung von natürlicher Sprache mit sich.

3.3 Wissensbasierte Systeme

Ein „*wissensbasiertes System*“ (auch „*Expertensystem*“ genannt) geht schon sehr in die Richtung des „künstlichen Lernens“. *Edward Feigenbaum*⁵ entwickelte im Jahre 1965 eines der ersten dieser Expertensysteme namens „*Dendral*“, welches im Wesentlichen chemischen Untersuchungen diene. Dieses und ähnliche Projekte zu dieser Zeit hatten das Prinzip, fachmännisches Entscheidungsverhalten zu kopieren und somit der Intelligenz ein Stückchen näher zu rücken. Es basiert also darauf, menschliche Intelligenz *nachzuahmen*.

In den anfänglichen Expertensystemen wie „*Dendral*“ wurde dieses Wissen in Form von Regeln notiert, während spätere Systeme dafür logische Ausdrücke und auch semantische Netze verwendeten. Es wurden Programmiersprachen und eigene Techniken entwickelt, die speziell darauf zugeschnitten waren, künstliche Intelligenz in Form von solchen Expertensystemen zu erzeugen. Eigene Rechnerarchitekturen, prädestiniert für die Wissensverarbeitung, wurden strukturiert.

⁴Terry WINOGRAD, Professor of Computer Science, Stanford University.

⁵Edward FEIGENBAUM, Professor of Computer Science, Stanford University.

4 Zusammenfassung & Ausblick

Der heutige Stand der Technik sieht so aus, dass sich die Rechentechniken in den letzten Jahren so stark und schnell entwickelt haben, dass sich die meisten KI-Probleme auf *normalen, handelsüblichen* Rechnern problemlös lösen lassen.

Inwieweit sich diese Technik weiterhin ausdehnen wird, steht zur Zeit natürlich noch in den Sternen. Es wird aber mit Sicherheit in Zukunft noch viele wichtige Persönlichkeiten mit vielen wichtigen neuen Ideen geben, die weitere Meilensteine im Fortschritt der faszinierenden Welt der künstlichen Intelligenz darstellen werden.

Literatur

- [1] <http://www.dietmar-schmitt.de/essays/SGI/Prolog/Prolog-Kap.7.html>
Stand: 2. 11. 2004
- [2] http://livinginternet.com/i/ii_ai.htm
Stand: 2. 11. 2004
- [3] <http://www.aaai.org/AITopics/html/history.html>
Stand: 30. 10. 2004
- [4] <http://staff.dasdeck.de/valentin/lexikon/start/show.php?id=795>
Stand: 3. 11. 2004
- [5] http://www.wildpark.com/konserve/kultur/ki/c_ki_ku.html
Stand: 3. 11. 2004
- [6] Graubard, Stephen: Probleme der künstlichen Intelligenz. Band 9: Springer Verlag Wien – New York 1996
- [7] Lunze, Jan: Künstliche Intelligenz für Ingenieure. Band 1: R. Oldenbourg München Wien 1994
- [8] Luger, George F.: Künstliche Intelligenz – Strategien und Lösungen komplexer Probleme. Pearson Studium München ⁴2001