

Humboldt-Universität zu Berlin

Kultur-, Sozial- und Bildungswissenschaftliche Fakultät

Institut für Musik- und Medienwissenschaft

Fachgebiet Medienwissenschaft MA

Chatbots und künstlich neuronale Netze

***„Inwieweit kann ELIZA als Vorläufer der heutigen
Bots/sprachgesteuerten Assistenten bezeichnet werden?“***

- Ein exemplarischer Vergleich zwischen ELIZA und dem digitalen Sprachassistenten Google Assistant vor dem Hintergrund der Entwicklung künstlich neuronaler Netze im Rahmen der KI-Forschung -

Hausarbeit als Modulabschlussprüfung im Modul III

vorgelegt von Lisa Röglin

am 30. Juni 2017

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Das Forschungsgebiet der KI.....	3
2.1 Definition(en) und kurze Charakterisierung der KI-Forschung.....	3
2.2 Ein Überblick über die Entwicklung der KI – von den frühen Anfängen bis zur Entstehung der Wissenschaft.....	4
2.3 Der Turing-Test und seine Folgen.....	6
2.4 Symbolische vs. subsymbolische KI – die Entwicklung der KI bis in die 80er Jahre..	7
3. Das Sprach-Analyse-Programm ELIZA – ein Meilenstein der symbolischen KI.....	9
3.1 Die fundamentalen technischen Problemstellungen der ELIZA.....	10
3.2 ELIZA – ihre Folgen und ausgewählte Nachfolger.....	12
4. Künstlich neuronale Netze und der Google Assistant.....	14
4.1 Die Wiederentdeckung künstlich neuronaler Netze und Deep-Learning.....	14
4.2 Der Google Assistant	17
5. Zusammenfassung und Fazit.....	19

Literaturverzeichnis

Anhang

Prüfungsprotokoll

Eigenständigkeitserklärung

Einleitung:

Künstliche Intelligenz (KI) beherrscht längst unser Leben und es gibt heute zahlreiche technische Beispiele einer vernetzten Welt intelligenter Systeme. So zeigt z.B. die weltweit hohe Nutzung und rasante Weiterentwicklung der digitalen Sprachassistenten von Google, Apple, Microsoft oder Amazon, dass die Zeit reif ist, für Computer mit einer am Menschen orientierten Intelligenz¹. Bots sind mittlerweile Teil jedes mobilen Betriebssystems und so weit optimiert, dass sie eine immer ausgeprägtere Persönlichkeit und Empathie entwickeln. Hierfür passen sie sich ihrem Benutzer bestmöglich an und übernehmen auf Zuruf oder per Textbefehl verschiedenste Aufgaben. Mitunter präsentieren sie dem Benutzer auch selbstständig angepasste Informationen². Dabei hat die Forschung in den letzten Jahren sowohl bei der Spracherkennung, als auch bei der Erkennung von Syntax und Semantik enorme Fortschritte gemacht, was anhand sinkender Fehlerquoten deutlich wird. Mit Hilfe hochkomplexer semantischer Verfahren und enormer Rechenpower wird so das Gefühl vermittelt, dass die kognitiven Assistenten Inhalt und Intention von Fragen sowie Kommandos tatsächlich verstehen, verarbeiten und beantworten können³.

Die natürliche Sprache als Mensch-Maschine-Schnittstelle spielte bereits in der Frühzeit der KI-Forschung und Computertechnik eine außerordentlich bedeutende Rolle⁴ und der Grundstein für diese Art der Kommunikation geht bis in die 1960er Jahre zurück. So ermöglichte der Informatiker Joseph Weizenbaum mit seinem Sprach-Analyse-Programm ELIZA 1966 erstmals die praktische Umsetzung eines schriftlichen Gesprächs in natürlicher Sprache zwischen Mensch und Computer, wenn auch mit erheblichen Restriktionen im Vergleich zu heute. ELIZA konnte mit Hilfe ihrer Datenbank aus den Sätzen der Nutzer Schlüsselwörter extrahieren und damit grammatisch korrekte Antworten finden, wodurch die Illusion eines echten Gesprächspartners aufrechterhalten wurde⁵. Insbesondere mit dem Skript Doctor, einer oberflächlichen Simulation eines Psychotherapeuten, zog ELIZA ihre Nutzer durch ihre vermeintlich einfühlsame Fragetechnik in ihren Bann⁶. Die Sprachsoftware stellt eine frühe Umsetzung des „Imitationsspiels“ dar, das Alan Turing 1950 in seinem Aufsatz „*Computing Machinery and Intelligence*“ vorschlug, um festzustellen, ob eine Maschine ein gleichwertiges Denkvermögen wie ein Mensch besitzt. Turings Aufsatz gilt als Grundstein und erste Auseinandersetzung mit dem Forschungsgebiet der KI und ist trotz nicht unerheblicher Kritik in vielerlei Hinsicht auch heute noch aktuell. So hat sich der Turing-Test für den Bereich der Entwicklung von Chatbots als im Hintergrund erscheinendes Leitbild praktisch durchgesetzt, was sich auch anhand des jährlichen Loebner-Contests zeigt, bei dem seit 1991 jene Programmierer ausgezeichnet werden, die im Rahmen des Turing-Test den „most human“-Computer entwickeln⁷. Doch obwohl ELIZA als Meilenstein der frühen KI-Forschung bzw. der sog. symbolischen KI gilt und sie bis heute als „die Mutter aller Chatbots“⁸ bezeichnet wird, hätte sie den Turing-Test aufgrund der Einfachheit ihres Programms nicht bestanden. Dennoch beeinflusste ELIZA noch viele Jahre die Entwicklung der Chatbots. So wurde lange ein ELIZA-ähnlicher Ansatz verfolgt, der auf einem einfachen Reiz-Reaktionsschema, mit dem Abgleich von Nutzereingaben und Wissensdatenbanken basierte, da die Spracherkennung und -verarbeitung ohne „Weltwissen“ für unlösbar galt⁹.

¹ Mainzer, K. (2016): *Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen?* Wiesbaden: Springer. S. 1.

² Vgl. Bager, J. (2015, 11. Juli): Siri, Cortana und Co.: Smartphone denkt voraus. *C't*, 16. Letzter Zugriff am 18.05.2017 unter: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Siri-Cortana-und-Co-Smartphone-denkt-voraus-2748288.html>

³ Vgl. Herbold, A. (2016, 8. August): Von Eliza bis Siri. Chatbots werden immer schlauer. *Tagesspiegel*. Letzter Zugriff am 19.05.2017 unter: <http://www.tagesspiegel.de/kultur/von-eliza-bis-siri-chatbots-werden-immer-schlauer/13981306.html>

⁴ Vgl. Rigoll, G. (1986): *Maschinelle Spracherkennung zur Verbesserung der Mensch Maschine Kommunikation*. Berlin: Springer. S. 16.

⁵ Vgl. Weizenbaum, J. (1966): ELIZA – A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine. In: *Communications of the ACM*. Volume 9, Number 1 (S. 36-45). S. 37.

⁶ Vgl. Weizenbaum, J. (1978): *Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp. S. 20.

⁷ Vgl. Tewes, M. (2005): »Sie können ruhig in ganzen Sätzen mit mir sprechen! « Chatbots und ihre Bedeutung für internetbasierte Kommunikation. In: T. Siever, P. Schlobinski & J. Runkehl, *Websprache.net. Sprache und Kommunikation im Internet*. Berlin: De Gruyter (S. 242-265). S. 245.

⁸ Vgl. Woelk, U. (2016, 24. Januar): Eliza, „das sagten Sie bereits“. *Zeit Online*. Letzter Zugriff am 19.05.2017 unter: <http://www.zeit.de/2016/02/eliza-software-computer-konversation>. Siehe auch: Tewes (2005), S. 245.

⁹ Vgl. Tewes (2005), S. 255.

Noch bis ins Jahr 2006 gab es somit, entgegen der Annahme Turings, dass zur Jahrhundertwende „widerspruchslos von denkenden Maschinen“¹⁰ gesprochen werden kann, nur wenig befriedigende Ergebnisse der KI-Forschung in Bezug auf die maschinelle Verarbeitung von natürlicher Sprache¹¹. Zwar zeigen sich in einem Vergleich der Loebner-Siegerprogramme von 1991 bis 2005 eine Reihe nicht unerheblicher Unterschiede zwischen den Chatbots, jedoch sind diese technisch vergleichsweise unbedeutend, sodass von einer über 40-jährigen inhaltlichen Stagnation hinsichtlich der Entwicklung der Sprachsoftwares gesprochen wird¹².

Die heutigen Chatbots hingegen können Probleme lösen, ohne dass ihnen vorher alle nötigen Informationen im Detail einprogrammiert wurden¹³. Sie basieren auf lernfähigen Algorithmen, die mit der exponentiell wachsenden Rechenkapazität immer leistungsfähiger werden und selbst kognitive Fähigkeiten besitzen. Der Durchbruch des sog. Deep-Learnings im Rahmen der subsymbolischen KI gelang ab 2009 mit der Wiederaufnahme künstlich neuronaler Netze, die dem menschlichen Gehirn nachempfunden sind und im Bereich der maschinellen Verarbeitung von natürlicher Sprache den entscheidenden Erfolg brachten. Dabei ist das Model mathematisch nicht neu. Bereits 1943 beschrieben Warren McCulloch und Walter Pitts eine Art neurologischer Netzwerke, die praktisch jede logische oder arithmetische Funktion berechnen konnten. Dieser KI-Ansatz wurde aufgrund fehlender Erfolge jedoch lange Zeit zugunsten der symbolischen KI vernachlässigt und erst in den 80er Jahren, durch den Einfluss von John Hopfield sowie der Publikation von Backpropagation durch Geoffrey Hinton wieder aufgenommen¹⁴.

Es lässt sich somit die These aufstellen, dass die Entwicklung der Chatbots eng mit der Geschichte der KI-Forschung und den damit verbundenen technologischen Durchbrüchen, aber auch Misserfolgen verknüpft ist. Demzufolge kann nicht von einer linearen Weiterentwicklung der Chatbots von ELIZA bis zu den heutigen Sprachassistenten ausgegangen werden. So wird der thematische Schwerpunkt der Arbeit auf folgende Forschungsfrage gelegt:

„Inwieweit kann ELIZA als Vorläufer der heutigen Bots/Sprachassistenten bezeichnet werden?“

Vor dem Hintergrund der Entwicklung künstlich neuronaler Netze im Rahmen der KI-Forschung soll hierfür ein exemplarischer Vergleich zwischen ELIZA und der Sprachsoftware Google Assistant vorgenommen werden, die beispielhaft für die modernen Chatbots steht. Hierbei wird der Fokus der Arbeit auf die verschiedenen Phasen der KI-Forschung und die damit verbundenen technischen Grundlagen und Denkweisen ihrer Vertreter gelegt, die die Entwicklung der Chatbots beeinflusst haben. Der Google Assistant eignet sich insbesondere deshalb für eine vergleichende Analyse, da Google und seine Muttergesellschaft Alphabet als Vorreiter im Bereich des Deep-Learnings sowie der semantischen Sprachsuche gelten¹⁵.

Der Aufbau der Arbeit gliedert sich in sechs Kapitel. Nach der Einleitung werden in Kapitel „2“ der Begriff KI, die historische Entwicklung des Forschungsgebiets sowie die für die Arbeit relevanten KI-Ansätze kurz vorgestellt. Darauf aufbauend werden in Kapitel „3“ die technische Funktionsweise und die Bedeutung des Chatbots ELIZA, vor dem Hintergrund der symbolischen KI, beschrieben. Vergleichend dazu erfolgt in Kapitel „4“ die Beschreibung und Analyse des Google Assistant hinsichtlich der Entwicklung künstlich neuronaler Netze. Im abschließenden Kapitel „5“ wird die leitende Fragestellung der Arbeit diskutiert und beantwortet sowie die zentralen Ergebnisse zusammengefasst. Darüber hinaus erfolgen eine Bewertung aus mediengeschichtlicher Perspektive sowie eine persönliche Einschätzung.

¹⁰ Turing, A. M. (1967): Kann eine Maschine denken? In: H. M. Enzensberger, *Neue Mathematik, Grundlagenforschung, Theorie der Automaten*, Kursbuch 8, Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag (S. 106-138). (e.O.: *Computing Machinery and Intelligence* (1950), übersetzt von P. Gänßler). S. 117.

¹¹ Vgl. Tewes (2005), S. 255.

¹² Vgl. ebd., S. 263.

¹³ Vgl. Eberl, U. (2016): *Smarte Maschinen. Wie Künstliche Intelligenz unser Leben verändert*. München: Carl Hanser Verlag. S. 27.

¹⁴ Walde, J. F. (2015): *Design Künstlich Neuronaler Netzwerke: Ein Leitfaden zur effizienten Handhabung mehrschichtiger Perzeptrone*. Wiesbaden: Springer. S. 1.

¹⁵ Vgl. Eberl (2016), S.110.

2. Das Forschungsgebiet der KI

2.1 Definition(en) und kurze Charakterisierung der KI-Forschung

*Defining AI is an exercise rather like nailing jello to a tree*¹⁶.

Die KI (engl. Artificial Intelligence, kurz AI)¹⁷ ist eine vergleichsweise junge wissenschaftliche Disziplin, die im Allgemeinen das Ziel verfolgt, „bestimmte menschliche Wahrnehmungs- und Verstandsleistungen zu operationalisieren und durch Artefakte, kunstvoll gestaltete technische – insbesondere informationsverarbeitende – Systeme verfügbar zu machen“¹⁸. Eine weitere mögliche Definition, die auch heute noch aktuell ist, liefert die Informatikerin Elaine Rich¹⁹: „Artificial Intelligence is the study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better“. Die ausgewählten Charakterisierungen des Forschungsfelds machen deutlich, dass es in der Literatur keine einheitliche und verbindliche Beschreibung der KI gibt. Dies lässt sich u.a. damit begründen, dass es bereits an einer genauen Definition von „Intelligenz“ und „intelligentem Verhalten“ mangelt. Des Weiteren stellt die KI kein geschlossenes Forschungsgebiet dar, sondern besitzt einen stark interdisziplinären Charakter mit vielen Teilbereichen und Anwendungsgebieten. Vor allem zwei Forschungsstrategien können hier unterschieden werden: Als Teil der Informatik gilt die KI als Ingenieurwissenschaft und als Teil der Kognitionswissenschaft wird sie als Erkenntniswissenschaft bezeichnet²⁰. In der ingenieurwissenschaftlichen Ausrichtung liefern Erkenntnisse erfahrungswissenschaftlicher Disziplinen, die sich mit mentalen Leistungen des Menschen beschäftigen, Anregungen für die Entwicklung neuer Methoden und Algorithmen. Wesentliche Grundlagen zur Umsetzung menschlicher Repräsentations- und Informationsverarbeitungsmechanismen stammen hier vor allem aus der Psychologie und den Neurowissenschaften, jedoch besteht kein Anspruch, dass die menschliche Architektur dem Aufbau moderner Digitalcomputer genau nachgebildet sein muss²¹. Darüber hinaus ergeben sich durch grundsätzliche Fragen über die Natur menschlichen Fühlens, Denkens und Handelns Bezüge zur Philosophie sowie hinsichtlich der menschlichen Leistungen beim Sprachverstehen und der Sprachproduktion Wechselbeziehungen zur Linguistik. Als Teil der Kognitionswissenschaft liefert die KI aber auch die Möglichkeit, mit den formalen und algorithmischen Methoden der Informatik kognitive Erkenntnisse auf lernfähige Modelle umzusetzen²².

Weiterhin wird innerhalb der KI-Forschung hinsichtlich der verschiedenen Interpretationen von „intelligentem Verhalten“ zwischen einer starken und einer schwachen These unterschieden. Diese Unterteilung geht auf den Sprachphilosophen Jean Searle und dessen KI-kritischen Aufsatz „*Minds, brains, and programs*“ aus dem Jahr 1980 zurück²³. Unter der schwachen KI fasst Searle hierbei die These zusammen, dass Computer zentrale Phänomene simulieren können, aber keine echte Intelligenz besitzen. Der Computer gilt somit nur als Instrument zur Untersuchung geistiger Fähigkeiten. Im Gegensatz dazu, geht es bei der starken KI-These darum, tatsächlich „mentale Zustände“ zu realisieren, die denen des Menschen gleichen oder diese übertreffen²⁴. Die Ziele der starken KI sind auch nach Jahrzehnten der Forschung noch visionär.

Abschließend lässt sich noch ergänzen, dass neben den genannten KI-Strategien und The-

¹⁶ Patridge, D. (1991): *A New Guide to Artificial Intelligence*. Norwood: Ablex. S. 1.

¹⁷ Hier ist zu erwähnen, dass einige Autoren die wörtliche Übersetzung des Begriffs „Künstliche Intelligenz“ von der englischen Bezeichnung „Artificial Intelligence“ als nicht sinngemäß bewerten. So gibt diese Übersetzung laut Görz, Schmid & Wachsmuth (2014, S. 2) Anlass zu dem Missverständnis, sie würde eine Definition von „Intelligenz“ liefern oder hätte einen „operationalisierbaren Intelligenzbegriff“ zu entwickeln. Dies lässt sich u.a. damit begründen, dass der englische Begriff „Intelligence“ im Deutschen mit „Intelligenz“, aber auch „Information“ übersetzt werden kann und somit nicht ganz das gleiche Bedeutungsspektrum hat.

¹⁸Görz, G. Schmid, U. & Wachsmuth, I. (2014): Einleitung. In: G. Görz, J. Schneeberger & U. Schmid (Hrsg.), *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*. 5. überarbeitete Auflage. München: Oldenbourg Verlag. S. 1.

¹⁹ Vgl. Rich, E. (1983): *Artificial Intelligence*, 1. Auflage. New York: McGraw-Hill. S. 312.

²⁰ Vgl. Dresler, M. (2009): *Künstliche Intelligenz, Bewusstsein und Sprache. Das Gedankenexperiment des „chinesischen Zimmers“*. Würzburg: Königshausen & Neumann. S. 38.

²¹ Vgl. ebd. Siehe auch Görz, Schmid & Wachsmuth (2014), S. 2.

²² Vgl. Görz, Schmid & Wachsmuth (2014), S. 4.

²³ Searle selbst richtet seine Kritik vor allem gegen die starke KI-These und die Auffassung, dass ein Computerprogramm eine Erklärung des menschlichen Geistes darstellt oder der menschliche Geist selbst ein Computerprogramm sei. Hingegen akzeptiert er die Position der schwachen KI und hält den menschlichen Geist durchaus für simulierbar.

²⁴ Vgl. Searle, J. (1980a): *Minds, Brains, and programs. The Behavioral and Brain Sciences* 3 (S. 417-457). S. 417.

sen eine weitere charakterisierende Aufteilung in symbolische und subsymbolische KI vorgenommen werden kann. Da diese Ansätze für die Entwicklung der Chatbots im Rahmen der Arbeit eine entscheidende Rolle spielen, werden sie in Abschnitt „2.4“ ausführlicher beschrieben.

2.2 Ein Überblick über die Entwicklung der KI – von den frühen Anfängen bis zur Entstehung der Wissenschaft

Die KI greift auf viele alte wissenschaftliche Errungenschaften der letzten Jahrhunderte²⁵ zurück, die im Rahmen der Hausarbeit nicht erwähnt werden sollen, da das entscheidende Fundament für das Forschungsgebiet erst in den 1930er Jahren gelegt wurde und sich die KI als eigene Wissenschaft erst Mitte des 20. Jhds. herausgebildet hat²⁶. So wird im Allgemeinen das sog. „Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence“, kurz die Dartmouth Konferenz im Jahr 1956 als die Geburtsstunde der KI gewertet. Der amerikanische Informatiker und Logiker John McCarthy organisierte die Veranstaltung gemeinsam mit Claude Shannon, Marvin Minsky und Nathaniel Rochester²⁷ und prägte als Erster die Bezeichnung AI als Titel und Thema der Konferenz²⁸. So heißt es im Förderungsantrag an die Rockefeller-Stiftung von 1955:

„We propose that a 2 month, 10 man study of artificial intelligence be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves. We think that a significant advance can be made in one or more of these problems if a carefully selected group of scientists work on it together for a summer²⁹.“

In dem Antrag stellte McCarthy zudem folgende sieben Schwerpunkte vor, die zur Lösung des KI-Problems untersucht werden sollten: „1) Automatic computers, 2) How Can a Computer be Programmed to Use a Language, 3) Neuron Nets, 4) Theory of the Size of a Calculation 5) Self-Improvement, 6) Abstractions, 7) Randomness and Creativity“³⁰. In der Folge der Konferenz wurden an verschiedenen universitären und außeruniversitären Einrichtungen einschlägige Projekte ins Leben gerufen, in denen hohe Erwartungen steckten. Insbesondere der Forschungsbereich der automatischen Sprachübersetzung galt als bedeutendes Problemfeld, in das viel Geld und Zeit investiert wurde³¹.

Neben der Dartmouth Konferenz fand im September 1956 eine weitere wichtige Veranstaltung, das „Symposium on Information Theory“ am Massachusetts Institute of Technology (MIT) statt. Ähnlich wie die Dartmouth Konferenz als Gründungsereignis der KI bezeichnet wird, kann das Symposium als der Grundstein der Kognitionswissenschaft angesehen werden. So lässt sich an dieser Konferenz ein Paradigmenwechsel vom Behaviorismus zum Kognitivismus festmachen: Mitte des 20. Jhds. offenbarte sich zunehmend, dass die Beschränkung des

²⁵ Die Vorgeschichte der KI lässt sich je nach Blickpunkt bis Leibniz, Hobbes, Descartes oder sogar bis in die Antike zurückverfolgen und umfasst Entwicklungen der Philosophie, Logik und Mathematik unter den Stichworten Formalisierung, Kalkülisierung und Mechanisierung (vgl. Zimmerli, W. & Wolf, S. (1994): *Künstliche Intelligenz. Philosophische Probleme*. Stuttgart: Reclam. S. 7f.). Diese Konzepte wurden bereits im 17. Jhd. durch Schickard, Pascal und Leibniz in Form von Rechenmaschinen in Ansätzen realisiert. Im 19. Jhd. verband Babbage sie zu einer „Analytischen Maschine“, der ersten programmierbaren Rechenmaschine, die jedoch nie vollendet wurde (vgl. Haugeland, J. (1987): *Künstliche Intelligenz – Programmierte Vernunft?* Hamburg: McGraw-Hill. S. 109f.).

²⁶ Vgl. Ertel, W. (2016): *Grundkurs Künstliche Intelligenz – Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer Vieweg. S. 6.

²⁷ Neben den genannten Antragstellern nahmen auch wichtige KI-Vertreter wie Ray Solomonoff, Oliver Selfridge, Trenchard More, Arthur Samuel, Herbert A. Simon und Allen Newell an der Veranstaltung teil.

²⁸ McCarthy selbst lieferte in seinem Antrag noch keine genaue Definition von KI, jedoch lässt sich aus den von ihm beschriebenen Inhalten und Schwerpunkten der Konferenz schlussfolgern, dass die Zielsetzung des Forschungsfeldes für ihn darin bestand, Maschinen zu entwickeln, die sich verhalten als verfügten sie über Intelligenz (siehe auch Ertel (2016), S. 1).

²⁹ Vgl. McCarthy, J.; Minsky, M.; Rochester, N. & Shannon, C. (1955): *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Letzter Zugriff am 07.06.2017 unter: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>

³⁰ Im Rahmen der Konferenz führte McCarthy die Programmiersprache LISP ein, die speziell für die Verarbeitung symbolischer Strukturen geschaffen wurde. Als Instrument der Forschung diente der Universalrechner, der sich sehr gut für die Realisierung von mentalen Prozessen eignete, die für analoge mechanische Vorrichtungen zu komplex waren (Vgl. Görz, Schmid & Wachsmuth (2014), S. 3).

³¹ Warren Weaver, der zwischen 1932 und 1955 an der Rockefeller Foundation für die Sektion Naturwissenschaften zuständig war, war einer der ersten, der darüber nachdachte, dass Computer auch Sprache übersetzen könnten. Am 4. März 1947 schrieb er diesbezüglich einen Brief an den Kybernetiker Norbert Wiener (siehe Weaver, W. (1955): Translation. In W. N. Locke & A. D. Booth (Hrsg.), *Machine Translation of Languages*. Cambridge, MA: MIT Press). In den Bell Laboratories wurde 1952 erstmals Sprache von Maschinen erkannt. Die Systeme waren allerdings nicht sehr leistungsfähig und konnten nur einzelne Buchstaben verstehen. 1954 übersetzte ein IBM-Computer erstmals menschliche Sprache vom Russischen ins Englische (vgl. Schlieter, K. (2015): *Die Herrschaftsformel. Wie Künstliche Intelligenz uns berechnet, steuert und unser Leben verändert*. Frankfurt: Westend Verlag. S. 60.).

methodologischen Behaviorismus auf einfache Reiz-Reaktion-Schemata nicht zur Erklärung komplexen menschlichen Verhaltens ausreicht. Um die damals nahezu unbekannt Blackbox des Behaviorismus zu erkunden, bot sich die „komputationale Informationsverarbeitung“ an, die sich aus den jungen Ansätzen der Automatentheorie, Kybernetik und Informationstheorie herausbildete³². So stellten Newell und Simon auf der Konferenz den automatischen Theorembe- weiser „Logic Theorist“³³ vor, der das verkörperte, was später der Informationsverarbeitungs- Ansatz des Modellierens genannt wurde. Die zentrale Annahme des Ansatzes bestand darin, dass der Mensch im Hinblick auf intelligentes Verhalten als Informationsverarbeitungssystem auf der Basis von Speichern, Prozessoren und Steuerstrukturen verstanden wird, unabhängig von der Betrachtung neuronaler Prozesse. Mit ihrer Arbeit hatten Simon und Newell somit erste Eindrücke von den Möglichkeiten des Computers zur Verarbeitung nicht-numerischer Symbole erlangt und sie trugen zur Ausformung der symbolischen KI bei³⁴.

Den beiden Konferenzen sind demzufolge wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse und ent- scheidende Fortschritte in der Computertechnik vorausgegangen, die sich bis in die 1930er Jahre zurückverfolgen lassen, fast zeitgleich mit der Geschichte programmierbarer elektroni- scher Computer. Zu dieser Zeit sind durch Kurt Gödel, Alonso Church und Alan Turing wichtige Fundamente für die Logik und die theoretische Informatik gelegt worden. Bedeutend für die KI sind z.B. die Gödelschen Sätze³⁵ oder Turings Beweis der Unentscheidbarkeit des Halteprob- lems. So beschäftigte sich Turing in seinem Aufsatz „*On Computable Numbers, with an Applica- tion to the Entscheidungsproblem*“ von 1936 mit der Frage nach der Bedeutung des Begriffs der Berechenbarkeit und konstruierte hierfür die Turing-Maschine, eine exakt nachahmende Ma- schine, die auf der Tätigkeit eines Menschen, der mathematische Berechnungen auf Papier durchführt, basiert. Diese stellt zwar ein gedankliches Konstrukt dar, gilt jedoch bis heute als das wichtigste theoretische Computermodell und trug entscheidend zur Entwicklung der KI bei³⁶.

Ein weiterer bedeutender Wendepunkt zwischen Vor- und Diskussionsgeschichte der KI vollzog sich in den 40er Jahren. Basierend auf den Ergebnissen der Hirnforschung entwarfen McCulloch und Pitts 1943 die ersten mathematischen Modelle für neuronale Netze, die sie spä- ter u.a. zur Erkennung räumlicher Muster einsetzten (siehe Anhang 1). Mit ihren neurologischen Netzwerken zeigten sie, dass selbst einfache Netze dieser Art praktisch jede logische oder arith- metische Funktion berechnen können und sie stellten eine Verbindung zur Aussagenlogik her³⁷. Zur Simulation einfacher Gehirne fehlten zu dieser Zeit jedoch leistungsfähige Computer. Den- noch entstanden bereits erste Computervorläufer („Elektronengehirne“), u.a. durch Konrad Zuse. Auch Marvin Minsky entwickelte für seine Dissertation den Neurocomputer „Snark“, der mit 3000 Röhren 40 Neuronen simulieren konnte, jedoch nicht praktisch eingesetzt wurde³⁸.

Eine weitere bedeutende Erkenntnis für die KI-Forschung lieferte Donald O. Hebb 1949 mit

³² Vgl. Bieri, P. (1981): *Analytische Philosophie des Geistes*. Königstein/Ts: Hain Verlag. S. 32. Siehe auch: Lyre, H. (2002): *Informations- theorie. Eine philosophisch-naturwissenschaftliche Einführung*. München: Fink. S. 126.

³³ Siehe: Newell, A. & Simon, H. A. (1956): *The logic theory machine: A complex information processing system*. Letzter Zugriff 07.06.2017 unter: http://shelf1.library.cmu.edu/IMLS/BACKUP/MindModels.pre_Oct1/logictheorymachine.pdf

³⁴ Vgl. Görz, Schmid & Wachsmuth (2014), S. 3 & 6.

³⁵ Kurt Gödel zeigte 1931, dass jede in der Prädikatenlogik formalisierbare wahre Aussage mit Hilfe der Schlussregeln eines formalen Kalküls beweisbar ist. Auf diesem Fundament konnten später die automatischen Theorembe- weiser als Implementierung formaler Kalküle gebaut werden. Mit dem Unvollständigkeitssatz zeigte Gödel, dass es in Logiken höherer Stufe wahre Aussagen gibt, die nicht beweisbar sind und wies so auf eine Grenze formaler Systeme hin (siehe Gödel, K. (1931): Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. *Monatshfte für Mathematik und Physik*; Band: 38; Nr. 1. (S. 173-198).

³⁶ Kurz zusammengefasst zeigte Turing mit seinem Aufsatz, dass es kein Programm geben kann, das für beliebige Programme und die dazugehörige Eingabe entscheiden kann, ob dieses in eine Endlosschleife läuft. Er deckte so eine Grenze intelligenter Programme auf. Siehe auch Ertel (2016), S. 8.

³⁷ Ihre Intention war es, die Funktionsweise einer Nervenzelle im Gehirn nachzubilden, die Reize erhält und Signale weiterleitet, wenn die Reizschwelle überschritten wird. Diesen vereinfacht dargestellten Ablauf realisierten McCulloch und Pitts modelltechnisch mit einem Be- rechnungselements. Siehe: McCulloch, W. S. & Pitts, W. (1943): A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*. Volume 5 (S. 115-133). Siehe auch: McCulloch, W. S. & Pitts, W. (1947): How we know universals the perception of auditory and visual forms. *Bulletin of Mathematical Biophysics*. Volume 9 (S. 127-147). Obwohl keine praktischen Anwendungen in den Arbeiten angegeben wurden, beeinflussten sie Forscher wie Wiener und von Neumann.

³⁸Snark (Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator) konnte den schnellsten Weg aus einem Labyrinth finden und war somit das erste neuronale Netz, das ein Problem aus der realen Welt löste. Minsky beschrieb den Neurocomputer u.a. in seiner Dissertation im Jahr 1954: „*Neural Nets and the Brain Model Problem*“. Siehe auch: Minsky, M. (1952): *A Neural-Analogue Calculator Based upon a Probability Model of Reinforcement*, Harvard University Psychological Laboratories, Cambridge Massachusetts.

seiner klassischen Hebb'schen Lernregel, welche in ihrer allgemeineren Form die Basis fast aller neuronalen Lernverfahren darstellt. Sie besagt vereinfacht ausgedrückt, dass eine Menge von Neuronen dadurch lernen könnte, dass sich bei gleichzeitiger Aktivierung zweier Neuronen die Stärke ihrer Verbindung vergrößert³⁹. Hebb konnte diese Regel zwar postulieren, jedoch durch fehlende neurologische Forschung nicht verifizieren. Dennoch griff Frank Rosenblatt die Idee auf und arbeitete sie zu einer Alternative zum Konzept der KI in symbolverarbeitenden Maschinen aus. So entwickelte er ab 1956 mit Hilfe von Charles Wightman und anderen Mitarbeitern des MIT den ersten erfolgreichen Neurocomputer, das „Mark I Perceptron“⁴⁰. Dieses künstliche Neuronen-Netzwerk war in der Lage zu lernen, gewisse Arten ähnlicher Muster zu klassifizieren und unähnliche auszusondern, indem es die Verbindungsstärken bzw. Gewichte, mit denen Neurone andere Neurone aktivieren, automatisch anpassen konnte⁴¹. Rosenblatt sah in dem Perceptron eine Überlegenheit gegenüber anderen Ansätzen und stellte fest:

„Als Konzept, so scheint es, hat das Perceptron ohne Zweifel Durchführbarkeit und Prinzip nichtmenschlicher Systeme begründet, die menschliche kognitive Funktionen darstellen können. [...] Die Zukunft der Informationsverarbeitungssystemen, die mit statischen eher als logischen Prinzipien arbeiten, scheint deutlich erkennbar.“⁴²

Neben der technischen Leistung ist Rosenblatt besonders durch sein 1959 erschienenes Buch „*Principles of Neurodynamics*“ bekannt geworden. In ihm beschreibt er verschiedene Varianten des Perceptrons und liefert einen Beweis dafür, dass das Perceptron alles, was es repräsentiert, durch das von ihm angegebene Lernverfahren lernen kann. Die Zeit von 1955 bis 1959 wird dabei auch als die Blütezeit der künstlich-neuronalen-Netz-Forschung angesehen⁴³.

2.3 Der Turing-Test und seine Folgen

Neben den genannten Meilensteinen innerhalb der KI-Forschung lässt sich eine weitere Arbeit von Turing aufführen, die das Forschungsgebiet und vor allem die Entwicklung der Chatbots maßgeblich beeinflusste. Der Artikel mit dem deutschen Titel „*Kann eine Maschine denken?*“ von 1950 beinhaltet dabei Fragen und Ansätze, die auch heute noch aktuell sind, auch wenn sich Turings Hoffnung auf „denkende Maschinen“ zur Jahrtausendwende nicht bestätigte.

Da sich die zentrale Frage der Arbeit sehr schwierig und nur mit Hilfe genauer Definitionen beantworten lässt, schlägt Turing im Rahmen des Aufsatzes, aufbauend auf seinem Konzept der Turing-Maschine, das Imitationsspiel vor, das seit den 70er Jahren als Turing-Test bekannt ist. Im ursprünglichen Spiel hat ein Fragesteller (C) die Aufgabe, durch ein per Tastatur und elektronischer Datenübermittlung geführtes Gespräch⁴⁴ mit einem Mann (A) und einer Frau (B), das Geschlecht der beiden räumlich getrennten Gesprächspartner herauszufinden, wobei der Mann versucht, ihn in die Irre zu führen. Turing modifiziert dieses Spiel soweit, dass der Mann durch einen Computer ersetzt wird und der Fragesteller nun herausfinden muss, wer Mensch und wer Maschine ist. Der Computer soll hierbei versuchen, den Interviewer über seine wahre Identität zu täuschen und menschliches Verhalten sowie Kommunikationsfähigkeit in Form von natürlicher Sprache zu imitieren. So schreibt Turing⁴⁵:

„Was passiert, wenn eine Maschine die Rolle von A in diesem Spiel übernimmt? Wird der Fragesteller sich [...] ebenso oft falsch entscheiden wie dann, wenn das Spiel von einem Mann und einer Frau gespielt wird? Diese Fragen treten an die Stelle unserer ursprünglichen: ‚Können Maschinen denken?‘ [...] Das neue Problem besitzt den Vorteil eine scharfe Trennungslinie zwischen den physischen und den intellektuellen menschlichen Fähigkeiten zu ziehen.“

³⁹ Siehe: Hebb, D. O. (1949): *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. New York: John Wiley and Sons.

⁴⁰ Das einfachste Perceptron-Netzwerk hat eine Handvoll Input-Neurone, welche Output-Neurone aktivieren. Bei dieser Feed-Forward-Architektur, laufen die Informationen nur in eine Richtung. Das Gegenteil sind rückgekoppelte Systeme, die sich hochgradig nichtlinear verhalten. Ihre Aktivität kann sich zu Mustern hochschaukeln, die nicht vorhersehbar sind und stark von kleinsten Abweichungen in den Anfangsbedingungen abhängen (siehe auch Kapitel „4.1“).

⁴¹ Die Aktivität der Neurone wird in der Output-Schicht mit einem Wunschwert verglichen und die Gewichte im Netzwerk so angepasst, dass der Wunschwert wahrscheinlicher wird. Dieses wird heute als überwacht Lernen (Supervised Learning) bezeichnet.

⁴² Rosenblatt, F. (1962): Strategic approaches to the study of brain models. In: H. von Foerster (Hrsg.), *Principles of Self-Organisation*. Elmsford, New York: Pergamon Press. S. 387.

⁴³ Einen guten Überblick über die Arbeiten dieser Periode gibt das 1965 erschienene Buch „*Learning Machines*“ von Nils Nilsson.

⁴⁴ Turing schlägt hier den Fernschreiber als ideales Verständigungsmittel zwischen den Räumen vor (vgl. Turing (1967), S. 107).

⁴⁵ Vgl. ebd.

Die Fähigkeit mit natürlicher Sprache umzugehen ist laut Turing somit eng verknüpft mit Denken und Intelligenz. Turings Vorschlag sollte jedoch keine operationale Definition von Intelligenz liefern oder eine empirische Fragestellung darstellen, sondern „einer furchtlosen philosophischen Debatte ein Ende setzen“⁴⁶. Entgegen dessen, regte er mit seiner Idee die Diskussionen rund um die KI-Forschung jedoch noch stärker an und die Kontroversen um die Aussagekraft des Turing-Tests halten bis heute an. Neben inhaltlicher oder pragmatischer Ablehnung gibt es vor allem unzählige Diskussionen über die Funktion des Imitationsspiels als Intelligenztest. So wird der Test z.B. als zu schwach oder zu stark betrachtet oder als ein zu wenig am Verhalten orientierter Ansatz kritisiert. Ferner erachten ihn Wissenschaftler als irreführend oder hinderlich für die Entwicklung der KI⁴⁷. Neben den von Turing selbst diskutierten Einwänden religiöser philosophischer, mathematischer, informatischer sowie biologischer und psychologischer Art, kann hier das Gedankenexperiment „das chinesische Zimmer“ von John Searle⁴⁸ als eines der bedeutendsten -jedoch ebenfalls nicht unwidersprochenen- Gegenargumente des Turing-Test angebracht werden. Mit Hilfe des Experiments, das Searle als „Turing Test from the inside“⁴⁹ beschreibt, wollte er nachweisen, dass ein erfolgreich bestandener Turing-Test kein ausreichendes Kriterium für Intelligenz im Rahmen der starken KI-These darstellt. So kann der Computer laut Searle natürliche Sprache nicht wirklich verstehen, sondern er führt lediglich ein Programm aus, das es ihm ermöglicht regelbasiert Zeichen zu verändern. Das Operieren und Verarbeiten von Symbolen durch einen Algorithmus sagt jedoch nichts über Verstehen und Denken aus. Dem sprachlichen Verhalten eines Computers kann demzufolge lediglich eine „Als-ob-Intentionalität“ zugesprochen werden, während Menschen intrinsische Intentionalität besitzen⁵⁰.

Trotz dieser und weiterer erheblicher Kritik am Turing-Test ziehen sich Versuche der Konstruktion eines Computers bzw. Programms, das den Test besteht, bis heute durch die KI-Geschichte. Dabei hat sich der Test für den Bereich der Entwicklung von Chatbots als Leitbild praktisch durchgesetzt. Ziel kommerzieller und nicht-kommerzieller Entwickler scheint dabei die Implementierung eines möglichst leistungsfähigen Systems zu sein, welches einen menschlichen Gesprächspartner im Chat und im Gespräch perfekt imitiert. So prämiert das Cambridge Center for Behavioral Studies mit dem Loebner-Preis seit 1991 jedes Jahr den „most human“-Computer, der im Rahmen des Turing-Tests die überzeugendste Gesprächsleistung erbringt⁵¹.

2.4 Symbolische vs. subsymbolische KI – die Entwicklung der KI bis in die 80er Jahre

Die theoretischen Anfänge der KI zeigen deutlich, dass ein großer Diskussionsbedarf an der Klärung der Frage nach intelligenten Maschinen bestand und auch heute noch besteht. Gleichzeitig geht aus den verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten hervor, dass sich vor allem zwei konkurrierende Ansätze zur Lösung des „KI-Problems“ entwickelt haben. So kann zwischen der symbolischen und der subsymbolischen/neuronalen KI unterschieden werden, deren jeweilige Leitgedanken die KI-Forschung in unterschiedlichen Entwicklungsphasen beeinflussten.

Obwohl das Fundament für lernende neuronale Netze bereits in den ersten Jahren der KI-Forschung gelegt wurde, setzte sich bis in die 80er Jahre hinein zunächst der logisch-symbolische Informationsverarbeitungs-Ansatz durch, der sich durch nahezu alle Errungenschaften der KI zog und insbesondere auch den Bereich der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache

⁴⁶ Dennett, D.C. (1993): Können Maschinen denken? In: R. Kurzweil (Hrsg.), *KI – Das Zeitalter der Künstlichen Intelligenz*. München: Hanser. S. 49f.

⁴⁷ Vgl. Tewes (2005), S. 243. Siehe auch Dresler (2009), S. 37.

⁴⁸ Auf eine ausführliche Beschreibung des Gedankenexperiments soll aufgrund des beschränkten Umfangs dieser Arbeit verzichtet werden. Siehe dazu: Searle (1980a), S. 417f.

⁴⁹ Vgl. Searle J. (1995): *Ontology Is the Question*. In: P. Baumgartner & S. Payr, *Speaking Minds: Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists*. Princeton, NJ: Princeton University Press (S. 202-213).

⁵⁰ Vgl. Searle (1980), S. 450f.

⁵¹ Website des Loebner-Preises: <http://www.loebner.net/Prize/loebner-prize.html>. Trotz der Anreize Loebners und der Bemühungen der KI-Forscher hat bis heute kein Programm eine Silber- oder Goldmedaille gewinnen können. Stattdessen wurde jährlich ein Trostpreis an den Programmierer des als „most human“ bewerteten Programms vergeben (vgl. Tewes (2005), S. 245).

jahrzehntelang prägte. Der wichtigste Aspekt der symbolischen KI, die heute auch als „Good Old-fashioned AI“ (GOFAI) bezeichnet wird, besteht dabei darin, menschliche Intelligenz auf die Verarbeitung abstrakter Symbole zu reduzieren, um so unabhängig von der Betrachtung neuronaler Architekturen Erkenntnisse zu gewinnen. Gegenstand der symbolischen KI sind folglich nicht das Gehirn und Prozesse des Abrufs von Gedächtnisinhalten, sondern vielmehr die Bedeutung, die sich einem Prozess mit Hilfe symbolischer Beschreibungen zuordnen lässt. Der wesentliche Unterschied zu den neuronalen Ansätzen liegt zudem in der Art der Programmierung. So wird die gewünschte Funktion in symbolischen Systemen mittels expliziter Anweisungen programmiert, während neuronale Systeme auf das gewünschte Ziel hin trainiert werden⁵². Die frühe Dominanz des symbolischen Ansatzes lässt sich u.a. damit begründen, dass trotz der vielversprechenden Arbeiten im Bereich der neuronalen KI, zunehmend Kritik an den künstlichen Netzen geübt wurde. So unternahmen Minsky und sein Kollege Seymour Papert in ihrem Buch „Perceptrons“⁵³ von 1969 eine mathematische Analyse von Rosenblatts Perzeptron und zeigten, dass sowohl einfache, als auch komplexere Modelle dieser Art viele wichtige Probleme der KI nicht lösen können. Das Werk hatte einen solch großen Einfluss auf das Forschungsgebiet, dass für mehr als zehn Jahre kaum ein KI-Forscher die Zukunft in neuronalen Netzen sah⁵⁴.

Auf der Basis des symbolischen Ansatzes setzte man in den 70er Jahren somit vor allem auf sog. Expertensysteme, die auf riesige, oftmals von Hand gefüllte und umfangreich codierte Wissensbestände zurückgriffen, welche mit dem Programminput verglichen wurden⁵⁵. Durch diese Schwerpunktsetzung wurden große Fortschritte bei Techniken der Wissensrepräsentation und in der Systemarchitektur, besonders im Hinblick auf Kontrollmechanismen, erzielt. Dennoch fehlte den Programmen die Fähigkeit von selbst aus effizient zu lernen. Dieses Ziel, das bereits bei der Dartmouth Konferenz formuliert wurde, war somit viele Jahre lang in weite Ferne gerückt. Darüber hinaus blieben die Resultate insbesondere in den Bereichen der Sprachverarbeitung und -erkennung, auf die so viel gesetzt wurde, weit hinter den Erwartungen zurück. So stießen auch die stark auf wissensbasierte Systeme ausgerichteten Entwicklungen an ihre Grenzen, was enorme Kürzungen des Forschungsbudgets und ein Scheitern vieler KI-Projekte zur Folge hatte⁵⁶. Rückblickend wird diese Zeit heute auch als der „Winter der KI“ bezeichnet.

Trotz der Rückschläge kam es jedoch genau in dieser KI-Phase zu einer Wiederbelebung der neuronalen Netze und die Lernrevolution nahm ihren Anfang. So erfuhr Rosenblatt Mitte der 80er Jahre eine Rehabilitation und unter dem Namen Konnektionismus (der auch als Parallel Distributed Processing (PDP) bekannt ist) entstand ein neues Teilgebiet der KI. Auch der Bereich des sog. maschinellen Lernens bzw. das Deep-Learning entwickelten sich zu bedeutenden KI-Schwerpunkten⁵⁷. Dennoch sollte es noch bis zum Jahr 2009 dauern, bis das Potenzial der neuronalen Netze vollständig erkannt wurde (siehe Kapitel „4“).

Der kurze Überblick über die beiden konkurrierenden KI-Ansätze zeigt, dass die Geschichte des Forschungsgebiets bis Ende der 80er Jahre von zahlreichen Misserfolgen, aber auch entscheidenden Fortschritten geprägt wurde. Exemplarisch werden diese Höhen und Tiefen auch anhand der Entwicklung der Chatbots deutlich, die eng mit der Geschichte der KI verbunden ist.

⁵² Vgl. Dresler (2009), S. 42. Siehe auch Görz, Schmid & Wachsmuth (2014), S. 6.

⁵³ Das Buch „Perceptrons“ ist in einer zweiten Auflage von 1988 mit einer Retrospektive aus Sicht von Minsky auch heute noch interessant zu lesen. Zum einen wegen der mathematisch Beweisführung. Zum anderen, weil hier deutlich die kritischen Punkte neuronaler Netze, wie z.B. die mangelnde Skalierbarkeit oder Probleme der benötigten Genauigkeit, deutlich gemacht werden.

⁵⁴ Trotz der geringen Anerkennung des Gebiets, forschten einige Wissenschaftler in diesem Bereich weiter und legten in dieser Zeit wichtige theoretische Grundlagen, die für die Wiederaufnahme der künstlich neuronalen Netzwerke entscheidend waren. Hierzu zählen u.a. Arbeiten von Paul Werbos oder Stephen Grossberg. So entwickelte Werbos 1974 in seiner Dissertation das Backpropagation-Verfahren, das jedoch erst später durch Rumelhart, Hinton und McClelland große Bedeutung erlangte. Siehe Kapitel „4.1“.

⁵⁵ Es wurde angenommen, dass das Explizieren von Informationen die zentrale Grundlage für Intelligenz sei. Die entspricht der „Physical Symbol System Hypothesis“. Diese stellten Newell und Simon 1976 anlässlich der Verleihung ihres Turing-Awards vor.

⁵⁶ Die DARPA (Forschungseinrichtung des US-Verteidigungsministeriums), die die KI-Forschung von Anfang an massiv gefördert hatte, war schon Ende der 70er Jahre mit den Fortschritten unzufrieden und investierte weniger Gelder. 1988 wurden auch die KI-Ausgaben der staatlichen Strategic Computing Initiative stark reduziert.

⁵⁷ Weiterhin entstanden in den 80er Jahren die KI-Teilbereiche „situated movement“ und die „Distributed Artificial Intelligenz“ (DAI).

Hinsichtlich der zentralen Fragestellung der Arbeit, werden in den folgenden Kapiteln der Chatbot ELIZA, als Meilenstein der symbolischen KI sowie der auf neuronalen Netzen basierende Google Assistant vor- und gegenübergestellt⁵⁸.

3. Das Sprach-Analyse-Programm ELIZA – Ein Meilenstein der symbolischen KI

Zwischen 1964 und 1966 entwickelte der Informatikprofessor Joseph Weizenbaum, der u.a. auch als Mitentwickler des ARPA-Netzes gilt, auf dem MAC Time-Sharing-System des MIT die experimentelle Sprachsoftware ELIZA. Diese stellt eine frühe Umsetzung des Turing-Tests dar und steht exemplarisch für die Geschichte der symbolischen KI⁵⁹. ELIZA ermöglichte mit Hilfe ihrer Datenbank erstmals eine Konversation zwischen einem Menschen und einem Computer in natürlicher, englischer Sprache und kann als erster Chatbot der Geschichte bezeichnet werden. Durch ELIZA sind somit die Bemühungen um die maschinelle Verarbeitung natürlicher Sprache vom Status einer bis dahin rein theoretischen Diskussion im Rahmen des Wissenschaftsbetriebs in die Phase der experimentellen Erprobung unter den Augen der Öffentlichkeit eingetreten⁶⁰. Der Ablauf einer Unterhaltung mit ELIZA lässt sich dabei wie folgt zusammenfassen: Der menschliche Gesprächspartner tippt seinen Beitrag zur Konversation auf einer mit dem Computer verbundenen Schreibmaschine ein. Hierbei kann er seine jeweilige Botschaft unter Benutzung von normaler Interpunktion und Satzstrukturen eingeben⁶¹. Beendet wird die Aussage des menschlichen Gesprächspartners mit dem zweimaligen Drücken der „Enter“-Taste, woraufhin die Sprachsoftware die Kontrolle über das Gespräch übernimmt. Diese analysiert nun die übermittelte Botschaft und stellt eine grammatikalisch korrekte Antwort zusammen, die über eine Schreibmaschine ausgedruckt wird⁶². Ein Gespräch mit ELIZA kann man sich laut Weizenbaum dabei wie eine Unterhaltung mit einem Menschen vorstellen, der nur begrenzte Englischkenntnisse besitzt, jedoch versucht höflich zu antworten. So wird dieser sich bemühen, möglichst viel von dem gehörten Satz zu behalten, um anschließend eine Frage mit gleichem Inhalt wiederzugeben. Auf den Satz „I am very unhappy these days“, von dem er nur die Worte „I am“ versteht, könnte er z.B. mit der Frage „How long have you been very unhappy these days?“ antworten, um das Gespräch aufrecht zu erhalten⁶³.

Den Namen ELIZA wählte Weizenbaum in Anlehnung an das Schauspiel Pygmalion⁶⁴ von George Shaw. In dem Stück wird der armen Blumenverkäuferin Eliza Doolittle von einem Sprachwissenschaftler der Akzent der feinen Londoner Gesellschaft beigebracht, sodass diese schließlich für eine Herzogin gehalten wird. Wie Eliza Doolittle kann das Programm ELIZA Stück für Stück von dem Nutzer optimiert werden, indem man ihr beibringt immer besser zu antworten und somit zunehmend zivilisierter zu erscheinen⁶⁵. Um sich mit ELIZA über einen bestimmten Kontext unterhalten zu können, konstruierte Weizenbaum das Programm hierfür als „Zwei-Bänder-Anordnung“, wobei das erste Band aus einem Sprach-Analysator bestand und das zweite aus einem Skript. Das Skript beinhaltet eine Reihe von Regeln, mit deren Hilfe ELIZA das Kontextwissen für ihre Unterhaltung erhielt. Da man in die Software verschiedene spezifische Skripte eingeben konnte, war es ihr möglich unterschiedliche Gesprächspartner zu simulieren.

⁵⁸ Aufgrund der kommerziellen Vermarktung des Google Assistant sind nähere Einzelheiten zu dessen Algorithmus nicht zugänglich. Dennoch hat Google 2015 mit TensorFlow eine Open-Source-Programm-Bibliothek für KI bzw. maschinelles Lernen im Umfeld von Sprache und Bildverarbeitungsaufgaben veröffentlicht und damit sein Deep-Learning-Framework offengelegt. Demzufolge wird der Google Assistant anhand der allgemeinen Funktionsweise des Deep-Learnings beschrieben.

⁵⁹ Vgl. Witten, H. & Hornung, M. (2009): Chatbots. *LOG IN*, 157/58 (S. 63-74). Letzter Zugriff am 01.06.2017 unter: https://medienwissenschaft.uni-bayreuth.de/inik/chatbots/LOG_IN_157-158_063-074_P&M_Witten+Hornung_Chatbots-2.PDF. Eine aktuelle Version von ELIZA kann u.a. unter <http://www.masswerk.at/elizabot/> getestet werden.

⁶⁰ Vgl. Tewes (2005), S. 247f.

⁶¹ Lediglich das Fragezeichen darf nicht benutzt werden, da es im MAC-System eine andere Funktion einnimmt.

⁶² Vgl. Weizenbaum (1966), S. 37.

⁶³ Vgl. ebd., S. 37.

⁶⁴ Shaws Pygmalion richtet sich wiederum nach der Darstellung der antiken Pygmalion-Sage des römischen Dichters Ovids. In dieser verliebt sich der Künstler Pygmalion in seine Elfenbeinstatue, die einer lebendigen Frau gleicht. Heute ist Shaws Schauspiel vor allem bekannt durch das Musical „My fair Lady“. Interessanterweise erhält das analoge Grammophon in vielen modernen Inszenierungen eine bedeutende Rolle.

⁶⁵ Vgl. Weizenbaum (1966), S. 36.

Für sein erstes Experiment nutzte Weizenbaum das Skript Doctor, wodurch ELIZA die Rolle eines Psychotherapeuten einnahm, der eine non-direktive Methode nach Carl Rogers anwendet. Laut Weizenbaum war ein solcher Therapeut vergleichsweise leicht zu imitieren, „da ein Großteil seiner Technik darin besteht, den Patienten dadurch zum Sprechen zu bringen, daß diesem seine eigenen Äußerungen wie bei einem Echo zurückgegeben werden“⁶⁶. Doctor erlangte innerhalb kürzester Zeit USA-weite Bekanntheit und wurde zunächst als Demonstrationsmittel berühmt, denn es präsentierte einem Publikum bestmöglich die informationsverarbeitenden Fähigkeiten eines Computers. Da die Nutzer dabei direkt an der Tätigkeit der Sprachsoftware mitwirken konnten, entwickelte sich ELIZA jedoch schon bald zu einem „nationalen Spielzeug“, zu dem viele eine emotionale Beziehung aufbauten. So erlagen die Nutzer in den 60er Jahren reihenweise ELIZAs vermeintlich einfühlsamer Fragetechnik, obwohl man mit ihr nur tippend kommunizieren konnte und sie durch ihre relativ einfache Programmstruktur den Turing-Test nicht bestanden hätte. Die Sprachsoftware zog ihre Gesprächspartner dabei so stark in ihren Bann, dass ihr menschliche Eigenschaften zugeschrieben wurden und viele nicht glaubten, dass es sich um einen Computer handelt. Bereits ein kurzer Kontakt konnte laut Weizenbaum „[...] das Denken ganz normaler Leute in eine ernstzunehmende Wahnvorstellung verkehren [...]“⁶⁷. Allen voran sah er die Auswirkungen des Programms bei seiner Sekretärin, obwohl diese die Arbeiten an ELIZA über einen langen Zeitraum mitverfolgt hatte. Darüber hinaus hatten einige Psychiater das Ziel, ELIZA in einer weiterentwickelten Variante als therapeutisches Werkzeug einzusetzen, um so eine völlig automatische Form der Psychotherapie zu erreichen⁶⁸.

Diese verschiedenen Reaktionen auf ELIZA beobachtete Weizenbaum mit großem Entsetzen, da er ursprünglich beweisen wollte, dass KI nur eine Parodie menschlicher Intelligenz sein kann. Insbesondere in seinem Aufsatz „*ELIZA – A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine*“ (1966), in dem er sowohl die Funktionsweise des Programms, als auch ELIZAs Bedeutung und Fähigkeiten diskutiert, wollte er seine Intention deutlich machen. So fasste Weizenbaum 1978 zusammen:

[...] eine [...] für mich überraschende Reaktion auf ELIZA war die verbreitete Ansicht, es handelte sich hier um die allgemeine Lösung des Problems, wieweit Computer eine natürliche Sprache verstehen können. In meinem Aufsatz hatte ich versucht zu zeigen, dass eine allgemeine Lösung dieses Problems unmöglich ist [...].“⁶⁹

ELIZAs Beitrag bestand laut Weizenbaum hingegen darin, zu bestätigen, dass der Kontext für das Verstehen von Sprache äußerst wichtig sei. Seine Schlussfolgerungen wurden jedoch größtenteils missverstanden oder nicht beachtet. Dennoch sind viele Anmerkungen, die Weizenbaum insbesondere zu Beginn und am Ende des Aufsatzes anbringt, auch für aktuelle Diskussionen, u.a. im Bereich des User-Interfacings noch immer bedeutend⁷⁰. So merkt er an, dass KI-Maschinen bewusst so konstruiert werden, dass sie den Benutzer täuschen. Sobald sie jedoch „demaskiert“ werden, d.h. ihre innere Funktionsweise genauer erklärt wird, verlieren sie den Status „intelligent“ und werden zu einem „interessanten“ Programm. Dies wollte Weizenbaum auch mit der Re-Evaluation von ELIZA in seinem Aufsatz erzielen.

3.1 Die fundamentalen technischen Problemstellungen der ELIZA

Aufgrund ELIZAs Rolle als erste Sprach-Analyse-Software sowie ihrer wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Wirkung, ist es auch im Rahmen der Hausarbeit von Bedeutung, ihre technische Funktionsweise genauer zu untersuchen. Das Grundprinzip des Chatbots ist dabei vergleichsweise einfach und so formulierte Weizenbaum fünf fundamentale technische Problemstellungen die ELIZA zugrunde liegen: (1) Die Identifikation der „wichtigsten“ Schlüsselwörter in

⁶⁶ Weizenbaum (1978), S. 15.

⁶⁷ Ebd., S. 20.

⁶⁸ Vgl. Ebd., S. 17.

⁶⁹ Ebd. S. 19.

⁷⁰ Die heutige Bedeutung von Weizenbaums Anmerkungen betont auch von Treeck in der einleitenden Bemerkung zu seiner deutschen Übersetzung des ELIZA-Aufsatzes (noch unveröffentlicht).

einer eingegebenen Nachricht, (2) die Identifikation von minimalem Kontext innerhalb dessen das gewählte Schlüsselwort erscheint, (3) die Auswahl einer passenden Transformationsregel und das Prozessieren der Transformation, (4) das zur Verfügung stellen eines Mechanismus, der es ELIZA erlaubt „intelligent“ zu antworten, wenn der eingegebene Text keine Schlüsselwörter enthält, (5) das zur Verfügung stellen von Maschinen, die es ermöglichen auf dem Skriptlevel Skripte zu editieren und zu erweitern⁷¹. Basierend auf diesen Problemstellungen sollen ausgewählte Funktionen der Sprachsoftware im Folgenden näher beschrieben werden⁷²:

Zunächst liest ELIZA den vom Nutzer eingegebenen Satz von links nach rechts aus und prüft diesen nach dem Vorhandensein eines Schlüsselwortes, wobei jedes Wort in einem Wörterbuch nachgeschlagen wird. Wurde ein Schlüsselwort gefunden, wird der Satz entsprechend einer Zerlegungsregel transformiert, die mit dem jeweiligen Schlüsselwort verknüpft ist. Die Schlagwörter können dabei zusätzlich eine Vorrangsnummer besitzen, die berücksichtigt wird, indem ELIZA ein schon gefundenes Schlüsselwort verwirft und ein anderes mit höherem „Rang“ vorzieht. Zusätzlich begreift ELIZA ein Komma oder einen Punkt als Begrenzung. Jedes Mal, wenn ein Satzzeichen oder ein Schlüsselwort identifiziert wird, wird der folgende Text der eingegebenen Nachricht gelöscht. Wurde kein Schlagwort gefunden, wird der Satzteil links der jeweiligen Begrenzung gelöscht. Somit werden nur einzelne Phrasen oder Sätze transformiert.

Die Schlüsselwörter und ihre Transformationsregeln bilden hierbei das Skript für die jeweilige Unterhaltung. Das besondere an ELIZA ist in diesem Zusammenhang, dass das Skript nicht Teil des Programms selbst ist, sondern aus Daten besteht. Die Sprachsoftware ist somit nicht auf ein bestimmtes Set von Erkennungsmustern, Antworten oder eine Sprache beschränkt⁷³.

Die Umwandlung des eingegebenen Textes erfolgt entsprechend der Transformationsregeln immer dann, wenn keine kontextfreie Bemerkung vorliegt, d.h. die Nachricht keine Schlüsselwörter enthält oder eine frühere Transformation durchgeführt wurde. Die Mechanismen, die hinter dieser Textmanipulation stecken, sind dabei eine Anzahl von SLIP-Funktionen (Symmetric List Processor), die laut Weizenbaum dazu dienen: „to (1) decompose a data string according to certain criteria, hence to test the string as so whether it satisfies these criteria or not, and (2) to reassemble a decomposed string according to certain assembly specifications“⁷⁴. Jeder Satz wird somit entsprechend der identifizierten Schlüsselwörter und ihrer dazugehörigen Transformationsregeln zunächst zerlegt und anschließend wieder zu einem grammatikalisch korrekten Antwortsatz zusammengesetzt, der an den Nutzer ausgegeben wird. Die Verknüpfung von Zerlegungs- und Zusammensetzungsregeln mit dem jeweiligen Schlüsselwort erfolgt dabei durch eine Schlüsselliste, die Weizenbaum in folgendem Baumdiagramm darstellt:

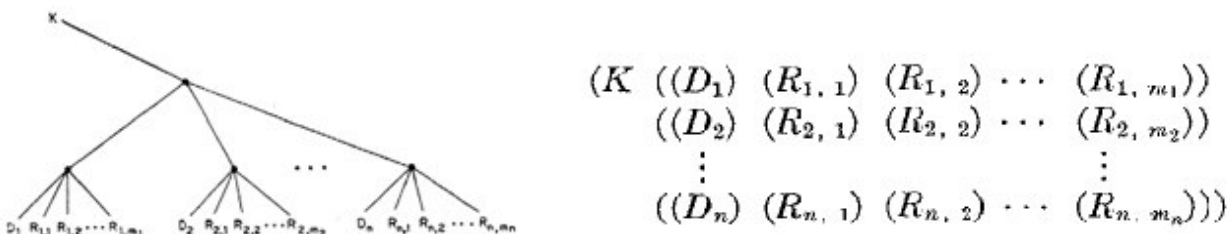


Abb. 1: Struktur des Schlüsselworts und der Transformationsregel-Liste (Weizenbaum (1966), S. 38).

Die oberste Ebene enthält das Schlüsselwort (K), gefolgt von den Namen verschiedener Listen. Jede der Listen bildet wiederum eine Listenstruktur, die aus einer Zerlegungsregel, gefolgt von der Zusammensetzungsregel, besteht. Hier wäre D_1 , die i -te Zerlegungsregel verknüpft mit

⁷¹ Vgl. Weizenbaum (1966), S. 37.

⁷² Aufgrund des beschränkten Umfangs dieser Arbeit kann nicht der volle Funktionsumfang der Sprach-Analyse-Software im Detail erklärt werden. Siehe hierzu: Weizenbaum (1966).

⁷³ Laut Weizenbaum sollte das Skript zunächst als bescheidene Sammlung von Schlüsselwörtern und Transformationsregeln beginnen und während der Nutzung, durch die Erfahrungen, die es aufbaut, geformt werden bzw. wachsen. Die Bearbeitung eines ELIZA-Skripts kann durch das Contextual Editing Programm, das Teil der MAC-Library ist, erfolgen.

⁷⁴ Weizenbaum (1966), S. 37.

K und R (i,j) die j-te Zusammensetzregel, verknüpft mit der i-ten Zerlegungsregel. Da derartige Listenstrukturen keine vorgegebenen Begrenzungen haben, kann jede Anzahl von Zerlegungsregeln mit einem bestimmten Schlüsselbegriff und jede Zusammensetzregel mit jeder spezifischen Zerlegungsregel verknüpft werden⁷⁵. Ein solches Schlüsselbegriff-Wörterbuch wird aufgebaut, sobald das entsprechende Skript zum ersten Mal in das bis dahin leere Programm geladen wird. Dieses Prinzip beschreibt Weizenbaum hierbei wie folgt:

„The basic structural component of the keyword dictionary is a vector KEY of (currently) 128 contiguous computer words. As a particular key list structure is read the keyword K at its top is randomized (hashed) by a procedure that produces (currently) a 7 bit integer "i". The word "always", for example, yields the integer 14. KEY(i), i.e., the ith word of the vector KEY, is then examined to determine whether it contains a list name. If it does not, then an empty list is created, its name placed in KEY(i), and the key list structure in question placed on that list. If KEY(i) already contains a list name, then the name of the key list structure is placed on the bottom of the list named in KEY(i).“⁷⁶

Darüber hinaus gibt es Wörter, die bereits während des Textscans, d.h. vor der Anwendung der Zerlegungs- und Zusammensetzungsregeln, bedingungslos ersetzt werden. So kann auf ein Wort aus dem Schlüsselwörterbuch ein Gleichheitszeichen folgen und der Begriff, durch den es ersetzt werden soll. Dies kann z.B. die Regel: (my = your 5) sein, wodurch jedes „my“ der Eingabe durch ein „your“ mit Rang „5“ ersetzt wird. Jedes dieser Wörter kann gleichzeitig ein Schlüsselbegriff sein, der für die anschließende Umwandlung des Satzes genutzt wird.

Ein mögliches Problem, das auf der Basis der bisher beschriebenen Funktionsweise von ELIZA auftreten kann, ist die Tatsache, dass keine Schlüsselwörter als Transformationsauslöser verbleiben. Dies kann mehrere Ursachen haben und bereits daran liegen, dass der anfängliche Ausgangstext keine Schlüsselwörter enthält. Der einfachste Mechanismus, der ELIZA hierbei zur Verfügung steht, ist das reservierte Schlüsselwort „none“, das Teil jedes Skripts sein muss. Der Skriptschreiber sollte eine universell passende Zerlegungsregel (0) mit ihm verknüpfen und eine beliebige Anzahl an kontextfreien Bemerkungen, wie z.B. „Please go on“ in Form von Transformationsregeln folgen lassen. Eine weitere Möglichkeit auf das Fehlen eines Schlüsselwortes zu reagieren, ist das Wort „memory“, das auch ein reserviertes „Pseudo-Schlüsselwort“ darstellt. Im „Memory-Stack“ werden Worte aus vorherigen Sätzen gespeichert, die ausgegeben werden können, sobald ein Text ohne Schlüsselwort vorliegt. Eine mögliche Antwort wäre somit „Please tell me more about your father“, wenn in einem der vorangegangenen Sätze das Wort „father“ vorgekommen ist. Eine Besonderheit von ELIZA ist hierbei auch das „tagging“, die Assoziation von Wörtern und Wortgruppen. Das Schlüsselwort „mother“ kann z.B. als Substantiv und als Mitglied der Klasse „Familie“ ausgezeichnet werden. So könnte ELIZA den eingegebenen Satz „I like my mother“ mit der Aufforderung „Tell me more about your family“ beantworten.

Trotz der zahlreichen Möglichkeiten, die ELIZA zur Verfügung stehen, gibt es Grenzen der Erweiterbarkeit ihrer „Verständnis-Fähigkeiten“. Diese liegen laut Weizenbaum im Programm selbst und stellen keine Funktionen des Skripts dar. So ist ELIZA zwar in der Lage ein Gespräch weiterzuführen, jedoch ist es ihr nicht möglich Rückschlüsse zu ziehen. Dieses Problem kann laut Weizenbaum nur mit einer größeren Speicherkapazität behoben werden. Darüber hinaus sollte ELIZA im Gespräch aufzeigen können, wo ihr Wissen endet und wo es verbessert werden muss. So schreibt er: „A switch of objectives from the concealment to the revelation of misunderstanding is seen as a precondition to making an ELIZA-like program the basis for an effective natural language man-machine communication system“⁷⁷.

3.2 ELIZA – ihre Folgen und ausgewählte Nachfolger

ELIZA war ein Meilenstein der KI-Forschung und gleichzeitig ein Schlüsselerlebnis in Weizenbaums Leben. So entwickelte sich der KI-Pionier aufgrund seiner missverstandenen Sprachsoftware zu einem führenden Kritiker des Glaubens an die unendlichen Fähigkeiten des Compu-

⁷⁵ Vgl. Ebd., S. 38.

⁷⁶ Ebd., S. 38.

⁷⁷ Weizenbaum (1966), S. 43.

ters. In vielen seiner Veröffentlichungen warnte er dabei vor den Auswirkungen und Risiken der Informationstechnologie und den von der KI propagierten Vorstellungen über Intelligenz und das Wesen des Menschen. So stellte Weizenbaum 1978 fest: „Die wichtigste Grundeinsicht, [...], ist die, dass wir zur Zeit keine Möglichkeit kennen, Computer auch klug zu machen, und wir deshalb im Augenblick Computern keine Aufgaben übertragen sollten, deren Lösung Klugheit erfordert“⁷⁸. Der wesentliche Unterschied zwischen denkender Maschine und dem denkenden Menschen besteht bei Weizenbaum nicht darin, dass Maschinen mehr oder weniger leisten können, sondern dass bestimmte Denkvorgänge dem Menschen vorbehalten bleiben sollten⁷⁹.

Trotz Weizenbaums eindringlicher Kritik, insbesondere auch an dem Umgang mit ELIZA, wurde das Sprach-Analyse-Programm zum Vorbild vieler weiterer Entwicklungen in diesem Bereich⁸⁰. Als frühe Nachfolger können die Programme Parry (1972)⁸¹ oder Jabberwacky (1988)⁸² genannt werden, die bereits etwas komplexer als ELIZA waren, jedoch auf dem gleichen technischen Fundament basierten. Erst zu Beginn der 90er Jahre wurden im Zuge der Verbreitung des WWW sowie der Entwicklung der Personal Computer Chatbots in größerer Zahl programmiert. Entscheidende technische Neuerungen lassen sich dabei exemplarisch an den Gewinnern des Loebner-Contests ablesen: Während die Siegerprogramme der Jahre 1991 bis 1995⁸³ auch noch sehr stark an ELIZA angelehnte Konzeptionen darstellten und schon bald an den neuen Anforderungen⁸⁴ des Loebner-Contest scheiterten, erwies sich das Gewinnerprogramm „Hex“ von Jason Hutchens aus dem Jahr 1995 als vielseitiger und zukunftsorientierter. Ebenso wie ELIZA gleicht „Hex“ dabei grundsätzlich Schlüsselwörter der Nutzereingabe mit einer Datenbank ab und generiert eine Antwortphrase, jedoch verfolgt das Programm eine andere Strategie bei der Generierung einer Ausweichphrase, die erstellt wird, wenn die Nutzereingabe nicht in der Datenbank enthalten ist. So besitzt „Hex“ einerseits eine zweite Teildatenbank, die bestimmte Äußerungen herausfiltert und zum anderen die Möglichkeit selbstständig das lernfähige Modul MegaHal⁸⁵ zu aktivieren, sobald keine Antwortgenerierung möglich ist. Bei der Entwicklung von MegaHal griff Hutchens auf stochastische Algorithmen von Markov zurück⁸⁶, deren Grundidee darin besteht, „that only the prior local context -the last few words- affects the next word.“⁸⁷. Die Modellierung von natürlicher Sprache durch Markov-Ketten ermöglicht somit die Generierung von Zeichenketten⁸⁸, die durch verschiedene Algorithmen mit den Schlüsselwörtern, welche in der Nutzeräußerung ermittelt wurden, in Übereinstimmung gebracht werden.

Neben der Arbeit von Hutchens kann auch der Chatbot A.L.I.C.E.⁸⁹, der in verschiedenen Varianten 2000, 2001 und 2004 den Loebner-Contest gewann, als bedeutender Nachfolger von ELIZA aufgeführt werden. Die vom Informatiker Richard Wallace entwickelte Sprachsoftware ist

⁷⁸ Weizenbaum (1978), S. 300.

⁷⁹ Vgl. ebd., S. 28.

⁸⁰ Aufgrund des beschränkten Umfangs dieser Arbeit soll in diesem Kapitel nur ein kurzer Überblick über ausgewählte ELIZA-Nachfolger gegeben werden, die sich hauptsächlich an den Siegern des Loebner-Contests orientieren.

⁸¹ Parry wurde von dem Psychiater Kenneth Colby am Psychiatry Department von Stanford entwickelt und imitiert ein paranoides Individuum. Siehe: Colby, K.M. (1975): *Artificial Paranoia: Computer Simulation of Paranoid Processes (General Psychology)*. Oxford: Pergamon Press.

⁸² Jabberwacky wurde vom britischen Informatiker Rollo Carpenter entwickelt und zielt darauf ab, einen natürlich wirkenden, unterhaltsamen und humorvollen Chat mit einem menschlichen Partner zu simulieren. Siehe: <http://www.jabberwacky.com/>.

⁸³ Von 1991-1993 und 1995 ging das Programm PC Therapist mit einer Bronzemedaille als Sieger hervor. 1994 gewann das Programm Tips von Thomas Whalen die Bronzemedaille.

⁸⁴ Seit 1995 wurde von Loebner als zusätzliche Schwierigkeit die Restriktion der Gesprächsthemen aufgehoben. Seit dem Jahr 2000 müssen die Chatbots darüber hinaus die Verarbeitung von audiovisuellem Input und entsprechendem Output bewältigen.

⁸⁵ Auf der Seite <http://megahal.alioth.debian.org/> stehen sowohl die Wettbewerbsfassung von Hutchens, als auch die englischsprachige MegaHal-Version zum Download zur Verfügung.

⁸⁶ Ein zur Programmierung von Wissensdatenbanken eingesetztes linguistisches Verfahren unter Rückgriff auf Markov-Ketten ist das sog. statistische Tagging. Hierbei werden zuvor erhobene Sprachdaten natürlichsprachiger Mensch-zu-Mensch bzw. Mensch-Maschine-Kommunikation codiert und mathematisch-stochastisch verarbeitet (siehe auch: Feldweg H. (1996): *Stochastische Wortartendisambiguierung des Deutschen*. Tübingen: Niemeyer Verlag (S. 217-229). S. 220f.

⁸⁷ Manning, C. & Schütze, H. (1999). *Foundations of Statistical Language Processing*. MIT Press. Letzter Zugriff am 25.05.2017 unter: http://ics.upjs.sk/~pero/web/documents/pillar/Manning_Schuetze_StatisticalNLP.pdf

⁸⁸ Ein Textgenerator auf der Basis von Markov-Ketten befindet sich unter: <http://elje.net/>

⁸⁹ A.L.I.C.E. steht für Artificial Linguistic Computer Entity. Da Wallace sein Chatbot, einschließlich seiner Wissensdatenbank, als Open Source veröffentlicht hat, liegt eine umfangreiche Programmdokumentation frei im Internet verfügbar. Siehe: Wallace, R.S. (2000): *Don't read me. A.L.I.C.E. and AIML Documentation*. Letzter Zugriff am 07.06.2017 unter: <https://www.mediensprache.net/archiv/pubs/2760.html>

dabei ebenfalls modular aufgebaut und besteht aus Einzelprogrammen und Datenbanken, jedoch verwendete Wallace für die Programmierung der Wissensdatenbank erstmals die Programmiersprache AIML. AIML ähnelt als XML-Sprache in ihrer Struktur stark HTML und bietet folgende Vorteile: „The emphasis in the language design is minimalism. The simplicity of AIML makes it easy for non-programmers, especially those who already know HTML, to get started writing chat robots“⁹⁰. Die Struktur von A.L.I.C.E lässt sich dabei kurz wie folgt beschreiben: Das Programm besteht aus vielen verschiedenen „categories“, die in der downloadbaren Wissensdatenbank verfügbar sind. Da es unmöglich ist, für die Programmierung das gesamte Weltwissen in Form von einzelnen „categories“ parat zu halten, geht Wallace davon aus, dass der Mensch nicht über alle denkbaren Themen tatsächlich spricht⁹¹. Demzufolge passt Wallace die „categories“ an die am Dialog beteiligten Personen, deren Wohnort oder gemeinsame Bekannte an und gibt diese dann in die A.L.I.C.E. zugrundeliegende Wissensdatenbank ein. Ebenso existieren „categories“ für die Felder Sport, Literatur oder Musik sowie Kinofilme und Hobbies. Dies sind laut Wallace Themen, die in der ersten Begegnung zwischen einander fremden Personen eine Rolle spielen. So bestimmt die geschickte Bereitstellung der „categories“ die flexible Reaktion des Programms. Darüber hinaus ist die Datenbank von A.L.I.C.E. mit enzyklopädischen Wissen aus dem WWW gespeist und sie besitzt eine Geschichtsdatei, die den Chatbot insgesamt menschenähnlicher erscheinen lässt⁹². Zudem kann die Leistungsfähigkeit der Wissensdatenbank stetig verbessert werden, indem A.L.I.C.E ihre Gespräche protokolliert und mit Hilfe dieser Datenbasis neue Erkennungsmuster vorschlägt. Über das Einpflegen der „Pattern“ entscheidet jedoch der Programmierer, wodurch nicht das Programm selbst lernt, sondern vielmehr ein Lernprozess initiiert wird. Es lässt sich somit folgern, dass auch A.L.I.C.E. im Sinne der von Turing gestellten Frage nicht über eine Denk- bzw. Lernfähigkeit verfügte.

Die ausgewählten Programme machen deutlich, dass von einer grundsätzlichen Weiterentwicklung im Bereich der Chatbots seit ELIZA nicht ausgegangen werden kann. Die Mehrzahl der Programme bis 2006 waren dabei nach wie vor einfache Reiz-Reaktions-Systeme auf der Basis des Abgleichs von Nutzereingaben mit Wissensdatenbanken. Durch Verbesserungen der Hard- und Software u.a. in Form von höherer Speicherkapazität und schnelleren Prozessoren ließen sich dennoch bedeutende Erfolge erzielen. Der entscheidende Durchbruch im Bereich der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache wurde jedoch erst mit der Wiederaufnahme und dem gezielten Einsatz künstlich neuronaler Netze ab ca. 2009 erreicht.

4. Künstlich neuronale Netze und der Google Assistant

4.1 Die Wiederentdeckung künstlich neuronaler Netze und Deep-Learning

Der neuerliche Aufschwung künstlich neuronaler Netze erfolgte anfangs der 80er Jahre und kann u.a. auf den Einfluss von Hopfield zurückgeführt werden. Dieser veröffentlichte 1985 den Artikel „*Neural Computation of Decisions in Optimization Problems*“ und zeigte darin, wie sog. Hopfield-Netze schwierige Probleme lösen. Diese Feedback-Netze bestehen aus einer Schicht, welche gleichzeitig als Ein- und Ausgabeschicht fungiert. Jedes der binären McCulloch-Pitts-Neuronen ist dabei mit jedem, ausgenommen sich selbst, verbunden. Da die Vektoren der Ein- und Ausgabe gleich lang sind, spricht man auch von einem Autoassoziationsnetz.

Einen weiteren bedeutenden Einfluss auf die Wiederbelebung des Forschungsfeldes hatte die Entwicklung und Publikation des Lernverfahrens Backpropagation⁹³ durch Rumelhart, Hinton und Williams. Diese veröffentlichten 1986 den Aufsatz „*Learning internal representations by*

⁹⁰ Ebd.

⁹¹ Bei seiner Annahme richtet sich Wallace nach dem Zipf'schen Gesetz, welches den Beginn der quantitativen Linguistik markiert. Es setzt z.B. die Häufigkeit von Wörtern in einem Text mit ihrer Rangfolge in Beziehung.

⁹² Vgl. Tewes (2005), S. 250.

⁹³ Backpropagation wurde gleichzeitig und unabhängig auch von Yann LeCun und David Parker entdeckt, die ebenfalls viele Forscher von der Wichtigkeit des Gebiets überzeugten.

error propagation" in dem von Rumelhart und McClelland herausgegebenen Buch: „*Parallel Distributed Processing*“ sowie den Artikel „*Learning representations by backpropagating errors*“. Beide Aufsätze entwickelten sich zu führenden Texten des Konnektionismus. Backpropagation ist dabei ein im Vergleich zu den bis dahin vorherrschenden Lernverfahren sehr schnelles und robustes Verfahren für mehrstufige bzw. tiefe Netze. Während die beschriebenen neuronalen Netze früherer Jahre aus einer Schicht und nur ca. 100 Neuronen bestanden, setzen sich die mehrstufigen Netze von heute aus bis zu 30 verschiedenen Schichten und Milliarden von Neuronen bzw. Knoten zusammen, welche das Netzwerk verbinden (siehe Anhang 2). In der Regel ist dabei jeder Knoten der einen Schicht mit allen Knoten der nächsten verbunden. Je mehr Schichten, desto komplexer wird die mathematische Funktion, die diese Netze erzeugen können, und desto umfangreichere Probleme können gelöst werden. So ist es mit dem Verfahren möglich, große Datenmengen zu verarbeiten, die sehr schnell einlaufen, wie z.B. Sprache⁹⁴.

Ein mehrstufiges künstliches neuronales Netz besteht dabei im Allgemeinen aus drei Arten von Schichten, die die einfließenden Informationen nach Abstraktionsstufen sortieren: In der Eingabeschicht („Input-Layer“) kommen die Rohdaten eines Musters an, welche den Signalen ähneln, die die menschlichen Sinnesorgane aufnehmen. Sobald ein Input-Knoten aktiviert wird, reicht er diese Aktivierung über seine Verbindungen an die Knoten der nächsten Schichten („Hidden-Layers“) weiter, die die Rohinformationen nach bestimmten Kategorien anordnen. Dabei lernen diese sog. versteckten Schichten während des Trainings anhand von zahlreichen Beispielen, aus den Rohdaten zunächst simple Muster und Strukturen herauszulesen und aus diesen dann immer komplexere Merkmale zu formen, um die gestellte Aufgabe lösen zu können. Die Anzahl der Hidden-Layers richtet sich dabei nach der Komplexität der Problemstellung. Die letzte Schicht („Output-Layer“) besteht aus den Ausgabe-Neuronen, die die verschiedenen möglichen Ergebnisse repräsentieren. Die Aktivierung des entsprechenden Ausgabeknotens richtet sich dabei nach der Kombination der Aktivierung der Neuronen in den Hidden-Layers. So wurden die verschiedenen Verbindungen zwischen den Neuronen gewichtet, wodurch die Stärke der Aktivierung, die am nächsten Knoten ankommt, beeinflusst wird⁹⁵.

Der Backpropagation-Algorithmus ist innerhalb dieses Netzwerkes dafür zuständig, Fehler bei der Informationsübermittlung zu eliminieren. Belehrt wird das System somit entsprechend rückwärts: Wenn die Output-Schicht nicht das gewünschte Ergebnis produziert, versucht der Algorithmus herauszufinden, welche Neuronen hauptsächlich dafür verantwortlich sind, dass der falsche Ausgabeknoten aktiviert wurde. Anschließend werden die Gewichtungen der Verbindungen mithilfe des Lernverfahrens Schicht für Schicht so angepasst, dass das Ergebnis beim nächsten Mal besser zum tatsächlichen Input passt. Dies geschieht so lange, bis sich ein Gleichgewichtszustand einpendelt, der die Wahrscheinlichkeit einer Fehlerklassifizierung minimiert. Die spezifischen Gewichtungen der Neuronen fungieren hierbei als eine Art Speicher, der sich die vorherigen Abstraktionen von Mustern merkt. Das Verfahren wird somit immer leistungsfähiger, je mehr Daten als Lernbeispiele zur Verfügung stehen⁹⁶.

Durch das Backpropagation-Verfahren wurde 1986 somit erstmals effizientes Lernen dort möglich, wo früher nur unerklärliche Ergebnisse entstanden. Dennoch reagierte die KI-Gemeinde nach Hinton's Veröffentlichung erst einmal kaum. So gab es in den 80er und 90er Jahren noch nicht genügend Trainingsdaten bzw. zu wenig digitalisiertes Material, und die Computer waren noch zu langsam, sodass die ersten tiefen neuronalen Netze mit Backpropagation kaum

⁹⁴ Vgl. Schlieter (2015), S. 29f.

⁹⁵ Die genaue Struktur eines Netzwerkes (Topologie und Verbindungsarten) hängt unmittelbar mit dem verwendeten Lernverfahren zusammen und umgekehrt. Dabei müssen Netze nicht zwingend homogen sein. Es existieren auch Kombinationen aus verschiedenen Modellen, um so unterschiedliche Vorteile zu ermöglichen (vgl. ebd., S. 26).

⁹⁶ Es gibt grundsätzlich drei verschiedene Wege das Lernverfahren zu nutzen, die sich nach dem Grad der menschlichen Einwirkung unterscheiden: Überwachtes Lernen (supervised learning), Unüberwachtes Lernen (unsupervised learning) und bestärkendes Lernen (reinforced learning). Siehe: Schlieter (2015), S. 29) und Eberl (2016), S. 105f.

besser abschnitten als simpler gestrickte Varianten. Der erneute Durchbruch gelang erst 2006 mit weiteren technischen Verbesserungen, wachsender Rechenleistung sowie dem enormen Anstieg der Daten, mit denen die Systeme arbeiten. „Big Data“ ist dabei laut Schlieter im übertragenen Sinne die Nahrung der KI⁹⁷. So wurde begonnen die Subnetze einzeln zu trainieren, indem man das jeweilige Problemfeld in verschiedene Features zerlegt und anschließend wieder zu einem Gesamtmodell verknüpft. Heute wird für diese tiefen neuronalen Netze mit Backpropagation der Begriff Deep-Learning verwendet. Dieses Tiefenlernen besitzt dabei den großen Vorteil, dass es für Muster aller Art funktioniert⁹⁸. Laut Eberl unterscheidet sich das Verfahren von den früher eingesetzten, regelbasierten Computeralgorithmen ebenso wie ein kleines Kind, das Sprache lernt, von einem Erwachsenen: „Versucht man als junger oder älterer Erwachsener, mühsam Vokabeln zu pauken und sich Syntax- und Grammatikregeln mit all ihren Ausnahmen einzuprägen, so lernen kleine Kinder ganz anders: durch Beispiele, die sie aufgeschnappt haben, durch Versuch und Irrtum und durch Rückmeldungen von Muttersprachlern oder Lehrern. Genauso funktionieren die Deep-Learning-Verfahren“⁹⁹.

Der durchschlagende Erfolg sorgte auch dafür, dass die Technik auf das kommerziell interessante Problemfeld der Spracherkennung und -verarbeitung angewandt wurde, um die Weiterentwicklung dieses Bereichs voranzutreiben. 2009 erzielten Hinton und seine Kollegen erstmals einen Erfolg, der einen großen Einfluss auf die Smartphonebranche hatte: So konnte Hinton's Software mit Hilfe des Deep-Learning-Verfahrens wesentlich genauer Sprache in geschriebenen Text übersetzen als sämtliche seiner Vorgänger. Dabei trainierte er das Programm mit einem Standarddatensatz von drei Stunden Tonaufnahmen und der zugehörigen Transkription. Für Systeme, die Texte oder Sprache verstehen sollten, war dies ein entscheidender Fortschritt, der zeigte, dass die Programme mit Hilfe des Lernverfahrens und menschlicher Überprüfung (überwachtes Lernen) aus den riesigen Datenmengen grammatische Regeln und inhaltliche Zusammenhänge nahezu selbst herausfiltern können¹⁰⁰.

Bereits innerhalb von wenigen Jahren stiegen bedeutende Mobilfunkhersteller wie Google, Apple oder Microsoft auf das Deep-Learning-Verfahren um und statteten ihre Spracherkennungsmodule mit dem Lernverfahren aus. Insbesondere Google steht im Zentrum dieser Entwicklungen und brachte allein von 2013 bis 2015 insgesamt 47 Produkte heraus, die Deep-Learning enthalten. Zudem hat das Unternehmen nicht nur zahlreiche Robotik-Firmen gekauft, sondern auch Spezialisten für selbstlernende Systeme wie das britische Start-up „DeepMind Technologies“ übernommen. Als Google seine Sprachsoftware „Google Now“, dem Vorläufer des Assistant, mit dem Lernverfahren ausstattete, sank die Fehlerquote um 25 Prozent. Einen solchen Rückgang durch Deep-Learning beschreibt Hinton gegenüber dem Magazin *Nature* als „ten breakthroughs alltogether“¹⁰¹. So war bis vor wenigen Jahren das, „was digitale Assistenten heute wie selbstverständlich leisten, noch Science-Fiction“¹⁰².

Die semantische Sprachsuche stellt dabei heute eines der wichtigsten Produkte von Google dar und im Mai 2016 brachte der Konzern den persönlichen sprachgesteuerten Helfer Google

⁹⁷ Die Entwicklung der zunehmenden Rechengeschwindigkeit folgt einer Faustregel, die nach ihrem Entdecker Gordon Moore als das „Moorsche Gesetz“ bezeichnet wird. Moore beobachtete bereits 1965, dass sich die Prozessorleistung, die für einen Dollar zu bekommen ist, ca. alle 18 Monate verdoppelt. Viel verdankt diese Entwicklung dabei auch der Spiele-Industrie. So sind die leistungsfähigen Grafikkarten, die ursprünglich für Computerspiele entwickelt wurden, ideale Bausteine für künstlich neuronale Netze. Die Recheneinheiten (Graphics Processing Units (GPUs)) sind sehr günstig und um den Faktor 50 schneller als die CPU eines normalen Rechners (Schlieter (2015), S. 33).

⁹⁸ Trotz der zahlreichen Vorteile, die durch Deep-Learning ermöglicht werden, besitzt das Verfahren auch Nachteile, die im Rahmen der Arbeit jedoch nicht diskutiert werden können. Ein Problem, das sich durch Deep-Learning ergibt, soll dennoch erwähnt werden: die Überinterpretation von Mustern. So haben Forscher der Universität von Wyoming im Frühjahr 2015 entdeckt, dass sich Deep-Learning-Netzwerke leicht täuschen lassen. Z.B. entdeckten Netzwerke, die mit Bildern trainiert wurden, in den Fotos, die nur Rauschen beinhalteten, verschiedene Muster, wie Tiere. Auch Google-Forscher haben sog. Traumbilder ihrer Software „Deep Dream“ veröffentlicht. Was den Lernverfahren trotz aller Fortschritte offensichtlich fehlt, ist ein Verständnis dessen, was sie sehen und hören (vgl. Eberl (2016), S. 117f.).

⁹⁹ Eberl., S. 113.

¹⁰⁰ Vgl. Ebd. S. 113.

¹⁰¹ Jones, N. (2014, 9. Januar): Computer Science: The Learning Machines, *Nature*, 505 (S.146-148). S.147. Letzter Zugriff am 09.06.2017 unter: <http://www.nature.com/news/computer-science-the-learning-machines-1.14481>

¹⁰² Bager (2015, 11. Juli).

Assistant raus. Mit Hilfe des Deep-Learning-Verfahrens und dem sog. Knowledge-Graph assistiert dieser seinen Nutzern nicht nur, sondern er lernt zugleich von ihnen bzw. ihren Mustern, um sie besser zu verstehen und das nicht nur in akustischer Hinsicht¹⁰³. Dabei bildet der digitale Assistent mit den Gewichtungen seiner Milliarden neuronalen Vernetzungen das Verhalten des Nutzers ab. Deep-Learning wird dabei direkt in die Chips der Smartphones eingebaut, wodurch die Assistenzsysteme laut Schlieter „uns einmal besser kennen werden als unsere Freunde“¹⁰⁴. Inwieweit der Google Assistant hierbei noch Parallelen zu der Sprach-Analyse-Software ELIZA aufweist, soll im folgenden Abschnitt deutlich gemacht werden.

4.2 Der Google Assistant

Das langfristige Ziel Googles ist es, die Interaktion mit technischen Geräten zu optimieren und insbesondere auch die Nutzung von Smartphones im Alltag zu vereinfachen. Mit seinem persönlichen digitalen Helfer Google Assistant, verfolgt der Konzern dabei die Absicht ein individualisiertes Google-Erlebnis für alle seine Nutzer anzubieten. Seit März 2017 ist die Software auf allen kompatiblen Android-Smartphones verfügbar und sie funktioniert zusätzlich auf der Lautsprecher-Box „Google Home“ und dem Messenger „Google Allo“¹⁰⁵. Somit ist der digitale Assistent sowohl darauf optimiert Anfragen auf Zuruf in natürlicher Sprache, als auch eingegebene Textbefehle zu beantworten. Zwar ermöglichen die Google Suche und der 2012 erschienene Sprachassistent „Google Now“ bereits Ansätze in diese Richtung, jedoch geht der Google Assistant mit Hilfe seiner integrierten KI deutlich besser auf seine Nutzer und ihre Bedürfnisse ein. Je nach Produkt bietet der Assistant hierfür unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten, wobei das Aufgabengebiet im Allgemeinen von der Beantwortung von Alltags- und Wissensfragen, über einfache Konversationen, bis hin zur Steuerung des eigenen Zuhauses reicht¹⁰⁶.

Auf den verschiedenen kompatiblen Smartphones funktioniert der Assistant in etwa wie die Sprachsoftware Siri von Apple oder Cortana von Microsoft und kann per Druck auf den Homebutton oder das gesprochene Codewort „OK Google“ aktiviert werden. Jedoch hat der Google Assistant einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil gegenüber seinen Konkurrenten: Um Fragen wie in einem Gespräch zwischen Menschen zu beantworten, kann der Assistant auf das Graph-Search-Wissen zurückgreifen, das eine Erweiterung des klassischen Webseitenindex von Google darstellt und darauf spezialisiert ist, Inhalte und Zusammenhänge automatisch zu erkennen sowie Daten durch die Zuordnung von Bedeutung zu interpretieren und zu gruppieren¹⁰⁷. Google legt somit großen Wert auf die Semantik, die auch als „heiliger Gral der KI“ gilt¹⁰⁸. Anders als bisher, als Suchmaschinen nur Links zu Webseiten lieferten, auf denen der Nutzer dann selbst passende Informationen finden muss, bemüht sich die Wissensdatenbank gleich korrekte Antworten zu geben. Heute enthält der Google-Knowledge-Graph fast 50 Milliarden verknüpfte Fakten und deckt bis zu 600 Millionen Objekte ab, mit deren Hilfe der Assistant einen sinnvollen Dialog mit den Nutzern führen kann. Die meisten Informationen stammen hierbei aus Wikipedia, aber auch aus amtlichen Statistiken sowie von vielen Millionen Webseiten. Mit der Sammlung des Google-Wissens und der Fähigkeit selbstständig kontextuelle Zusammenhänge

¹⁰³ Vgl. Schlieter (2015), S. 58.

¹⁰⁴ Vgl. ebd., S. 59.

¹⁰⁵ Der Google Assistant war lange Zeit auf drei Google eigene Geräte beschränkt: die Pixel-Smartphones und den Lautsprecher „Google Home“. Am 3. März 2017 teilte Google jedoch auf Twitter mit, dass der Assistant ab sofort auf den kompatiblen Android-Smartphones aller bekannten Hersteller verfügbar sei. Als kompatibel gelten dabei die Geräte, die folgende Voraussetzungen erfüllen: 1) mindestens Android 6.0 Marshmallow muss installiert sein, 2) mindestens 1,5 Gigabyte Arbeitsspeicher und ein HD-Display müssen vorhanden sein. Damit funktioniert der Google Assistant weltweit auf etwa einem Drittel aller Smartphones, jedoch stellt Google ihn zu Zeit nur auf Englisch zur Verfügung. Der Lautsprecher „Google-Home“ wird zudem erst in den nächsten Monaten auf den deutschen Markt kommen.

¹⁰⁶ Im diesem Abschnitt kann nur ein kurzer Überblick über die Funktionen des Google Assistant gegeben werden, jedoch stellt der persönliche Assistent seine Fähigkeiten selbstständig vor, wenn man ihn danach fragt. Als Antwort auf die Frage „what can you do?“ zählt der Assistent alle Funktionen auf, die er im momentanen Entwicklungsstadium beherrscht.

¹⁰⁷ Ausführliche Informationen zum Knowledge-Graph liefert u.a. Andreas Graap in dem Artikel „Wikipedia und Co.: So entsteht der Google Knowledge Graph“ (2015, 11. Juli). Letzter Zugriff am 10.06.2017 unter <https://blog.hubspot.de/marketing/wikipedia-und-co-so-entsteht-der-google-knowledge-graph>

¹⁰⁸ Vgl. Eberl (2016), S.125.

herzustellen, besitzt der Assistant somit eine Art Kurzzeitgedächtnis, das ihn bei weiteren Nachfragen richtig reagieren lässt¹⁰⁹. Während einer Unterhaltung mit dem digitalen Helfer muss der Bezugsrahmen somit nicht immer erneut festgelegt werden. So kann z.B. nach dem Hauptdarsteller eines Filmes gefragt werden und nachdem die Antwort ausgegeben wurde, zusätzlich die kurze Frage „Wer ist der Regisseur?“ folgen. Die Konversation lässt sich unendlich fortsetzen. Zudem kann der Google Assistant u.a. übersetzen und rechnen sowie Einheiten und Währungen mit aktuellem Kurs umrechnen, aber auch Fragen nach Sportereignissen, Tabellenständen oder nach dem Kaloriengehalt von Lebensmitteln beantworten. Grenzen setzt dabei nur der Umfang von Googles Alltagswissen, welches jedoch konstant erweitert wird. Das Verknüpfen von Informationen funktioniert dabei nicht nur bei Wissens-, sondern auch bei Alltagsfragen. Auf die Fragestellung: „Wie lange benötige ich nach Frankfurt?“ bringt der Google Assistant zunächst die Routenplanung mit dem Auto auf den Bildschirm, prüft die Verkehrsverhältnisse und schätzt die Fahrzeit. Wer dann fragt: „Und mit dem Zug?“, bekommt den passenden Fahrplanhinweis für die öffentlichen Verkehrsmittel inklusive Ankunftszeit. Durch die Integration in das sog. Google-Ökosystem kann der Assistent zudem Kalendereinträge oder Erinnerungen erstellen. Darüber hinaus ist es ihm möglich auf Mails zuzugreifen und sie zu verschicken. Dabei erkennt der Assistant Mailinhalte und erstellt je nach Mitteilung automatisch Termine oder erinnert an Verabredungen. Er ist außerdem in der Lage Karten für Konzerte zu kaufen oder Plätze in einem Restaurant zu reservieren. Auch die Interaktion mit Apps ist möglich. So kann z.B. auf Zuruf nach „YouTube“-Videos gesucht oder „WhatsApp“-Nachrichten verschickt werden. Damit der Google Assistant auf möglichst viele externe Daten und Dienste zugreifen kann, hat der Konzern im Dezember 2016 mit „Actions on Google“ eine eigene Plattform und Entwicklungsumgebung veröffentlicht, über die sich andere Anbieter direkt in den Assistant einklinken. So kooperiert der digitale Helfer u.a. mit „Spotify“, „CNN“, „Netflix“ und vielen eigenen Diensten.

Seinen vollen Funktionsumfang präsentiert der Assistant jedoch erst auf „Google Home“, das eine Lautsprecher-Box darstellt, mit deren Hilfe das eigene Zuhause gesteuert werden kann. „Google Home“ ist die Antwort auf Amazons Echo-Box sowie den digitalen Assistenten Alexa und entspricht diesen vom Funktionsumfang her. So können über eine spezielle Heimvernetzung z.B. das Licht oder die Raumtemperatur sowie zahlreiche andere gekoppelte Geräte gesteuert werden. Auch hier wird den verschiedenen Entwicklern ermöglicht ihre Dienste direkt mit dem Assistant zu verbinden.

Im Gegensatz zu den genannten sprachgesteuerten Anwendungen kann der Google Assistant zusätzlich auch auf der Instant-Messaging-App „Allo“ genutzt werden. Der Assistant fungiert hier als eine Art Chatbot, der u.a. dabei helfen kann, Informationen zu liefern, die in einer textbasierten Konversation benötigt werden.

Wie gut der Google Assistant letztendlich auf den verschiedenen Anwendungen funktioniert, ist entsprechend der Funktionsweise und Lernfähigkeit der künstlichen neuronalen Netze vor allem davon abhängig, wie intensiv der Dienst genutzt wird bzw. wie viele Informationen Google über den Nutzer gespeichert hat. So werden alle Daten, die im Zusammenhang mit der Software produziert werden an die Google-Server weitergeleitet und dort gespeichert und verarbeitet. Demzufolge erfordert der Assistant eine gewisse Einarbeitungszeit, jedoch passt er sich mit der Zeit immer besser an die Sprech- und Alltagsgewohnheiten des Nutzers an. Je nach Bedarf können auch zusätzliche persönliche Angaben erforderlich sein, die die Kommunikation noch komfortabler machen und die Funktionsfähigkeit des Alltagshelfers erweitern¹¹⁰.

¹⁰⁹Jüngling, T, (2015, 4. Oktober): *Wie Siri und Google Now unser Leben bestimmen*. Letzter Zugriff am 10.06.2017 unter: <https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article147177624/Wie-Siri-und-Google-Now-unser-Leben-bestimmen.html>

¹¹⁰ Während sich die Nutzer des Google Assistant damit einverstanden geben müssen, dass ihre Daten von Google weiterverarbeitet werden und u.a. für die gezielte Ausspielung von Werbeanzeigen genutzt werden, ist es interessant zu erwähnen, dass es bereits bei ELIZA Diskussionen um den Umgang mit den persönlichen Daten gab, die während der Unterhaltung mit der Sprachsoftware preisgegeben wurden. So stieß Weizenbaum auf großen Widerstand, als er die Absicht äußerte, die Gespräche mit ELIZA zu Forschungszwecken zu speichern.

Im Unterschied zu der frühen Sprach-Analyse-Software ELIZA zeigt der kurze Überblick über die ausgewählten Funktionen des Google Assistant deutlich, dass die modernen digitalen Helfer nicht mehr nur dazu dienen, Gespräche in natürlicher Sprache mit ihren Nutzern zu führen, sondern sie sollen dabei helfen den Alltag der Menschen zu erleichtern. So basiert der Google Assistant im Gegensatz zu ELIZA nicht mehr nur auf einem per Hand eingegebenen Skript, das das entsprechende Kontextwissen und die einprogrammierten Regeln für die jeweilige Unterhaltung vorgibt sowie die Rolle des Chatbots bestimmt. Hingegen fungiert der Assistant mit der Hilfe der riesigen Datenmengen, mit denen er trainiert wird sowie der Möglichkeit auf die Wissenssammlung des Google-Knowledge-Grafen zurückzugreifen, als eine Art „Alleswischer“, der zu jeder beliebigen Frage eine passende Antwort zu haben scheint und auch das Leben bzw. die persönlichen Alltagsgewohnheiten des Nutzers sehr gut kennt. Der Schwerpunkt liegt hierbei nicht mehr nur auf der textbasierten Kommunikation, sondern auf einer Unterhaltung in natürlich gesprochener Sprache. So ist der Google Assistant jederzeit dazu bereit Befehle und Anfragen auf Zuruf zu empfangen, zu verarbeiten und zu beantworten. Zwar konnte auch ELIZAs-Skript, das nicht Teil des Programms selbst war, während der Nutzung geformt werden und wachsen, jedoch erfolgte die Bearbeitung der Datenbank durch den Programmierer und wurde nicht Programm selbst initiiert, wie es das heutige Deep-Learning-Verfahren ermöglicht.

Anders als Weizenbaum es mit ELIZA beabsichtigte, ist es somit heute das Ziel der Software-Entwickler anhand der digitalen Assistenten die Fortschritte im Bereich der KI bestmöglich zu präsentieren und einen möglichst menschenähnlichen Helfer zu entwickeln. Dabei herrscht am Markt derzeit ein großer Konkurrenzkampf zwischen den verschiedenen Firmen der IT-Branche, der sich durch eine Vielzahl an neuen Produktweiterentwicklungen sowie durch große Investments mit KI-Fokus bemerkbar macht. Dennoch ist die KI trotz zahlreicher aktueller Erfolge und enormer Entwicklungssprünge, die durch den Einsatz der künstlich neuronalen Netze im Bereich der Spracherkennung und -verarbeitung ermöglicht wurden, weiterhin eine Zukunftstechnologie. Das eigentlich „alte“ Deep-Learning-Verfahren, welches heute mit großen Datenmengen verknüpft wird, bleibt dabei auch in der nächsten Zeit ihre wichtigste Komponente.

5. Zusammenfassung und Fazit

Zusammenfassend lässt sich hinsichtlich der leitenden Fragestellung der Arbeit „*Inwieweit kann ELIZA als Vorläufer der heutigen Bots/Sprachassistenten bezeichnet werden?*“ festhalten, dass die Sprach-Analyse-Software nur bezogen auf ihre Fähigkeit, ein Gespräch mit einem Menschen in natürlicher Sprache führen zu können, als Vorläufer der heutigen Sprachassistenten bezeichnet werden kann, deren Hauptaufgabe ebenfalls darin besteht, sich in natürlicher Sprache mit ihren Nutzern zu unterhalten. Dies gilt ungeachtet der Tatsache, dass der Schwerpunkt der heutigen Mensch-Maschine-Kommunikation auf gesprochener Sprache liegt und sich der Funktionsumfang der modernen Sprachassistenten stark ausgeweitet hat.

Vor dem Hintergrund der Entwicklung künstlich neuronaler Netze im Rahmen der KI-Forschung, auf denen die heutigen Sprachassistenten basieren, kann dagegen nicht von einer linearen Weiterentwicklung von ELIZA bis zu dem exemplarisch ausgewählten Google Assistant gesprochen werden. So bestand das Hauptaugenmerk der Arbeit darin, die technischen Grundlagen auf denen das Funktionsprinzip der beiden betrachteten Chatbots beruht, genauer zu untersuchen. Aus den Ergebnissen wird dabei ersichtlich, dass die Entwicklung der Sprachsoftwares von entscheidenden technologischen Umbrüchen beeinflusst wurde, die im Allgemeinen eng mit den Fortschritten und Rückschlägen, die die KI-Forschung von Beginn an prägten, zusammenhängen. Innerhalb des Forschungsgebiets dominierten somit vor allem zwei konkurrierende Ansätze, deren jeweilige technische Leitgedanken sich auf unterschiedliche Entwicklungsphasen der KI auswirkten. Während ELIZA beispielhaft für die symbolische KI steht, deren

Informationsverarbeitungs-Ansatz bis in die 80er Jahre verfolgt wurde, basieren die heutigen Sprachassistenten auf am Menschen orientierten mehrschichtigen künstlichen neuronalen Netzen, deren Fundament durch McCulloch und Pitts bereits in den 1940er Jahren gelegt wurde.

Entsprechend der Zielsetzung des logisch-symbolischen Ansatzes, menschliche Intelligenz auf die Verarbeitung abstrakter Symbole zu reduzieren und gewünschte Funktionen mittels expliziter Anweisung zu programmieren, basiert ELIZA somit auf einem von Hand geschriebenen Skript, das eine Reihe von grammatikalischen Regeln sowie Schlüsselwörtern beinhaltet, mit deren Hilfe sie das Kontextwissen für die Unterhaltung erhält. Trotz der Einfachheit des Programms wurde die Sprach-Analyse-Software zum Vorbild vieler weiterer Chatbots, die auf einem ähnlichen Fundament basieren. Noch bis ins Jahr 2006 stellte die Mehrheit der Programme dabei einfache Reiz-Reaktion-Systeme dar, die Nutzereingaben mit Wissensdatenbanken abgleichen. Zwar wurden durch Verbesserungen der Hard- und Software einige entscheidende technische Neuerungen erzielt, die im Rahmen der Arbeit exemplarisch anhand der Gewinnerprogramme des Loebner-Contests vorgestellt wurden, dennoch wird hinsichtlich der Chatbotentwicklung von einer über vierzigjährigen inhaltlichen Stagnation gesprochen. So waren die Programme weit davon entfernt im Sinne der von Turing gestellten Frage über eine Denkfähigkeit zu verfügen. Die symbolische KI, die die neuronalen Ansätze lange Zeit verdrängt hat, erwies sich somit als der eigentliche Irrweg und führte zum Scheitern vieler KI-Projekte.

Die Wiederaufnahme der Forschung an künstlich neuronalen Netzen ab 1985 und die Weiterentwicklung des Lernverfahrens Backpropagation sorgten jedoch erstmals für einen Umbruch innerhalb der KI-Forschung, der auch die maschinelle Verarbeitung natürlicher Sprache nachhaltig prägte. Dennoch sollte es noch bis ins Jahr 2009 dauern bis das Potential der künstlichen Netzwerke vollständig erkannt wurde. Erst das gezielte Training mehrschichtiger Netze, das durch die riesigen verfügbaren Datenmengen des „Big Data-Zeitalters“ möglich wurde, sorgte für den entscheidenden Fortschritt. So basieren die Spracherkennungsmodule nahezu aller bedeutenden Mobilfunkhersteller heute auf dem Deep-Learning-Verfahren, das die bislang gebräuchlichen regelbasierten Algorithmen in diesem Bereich fast komplett ersetzt hat. Dabei funktionieren die heutigen künstlichen Neuronen, bis auf kleine Anpassungen, fast genauso wie jene, die von McCulloch und Pitts vor mehr als 70 Jahren eingesetzt wurden. Obwohl die modernen Sprachassistenten somit erst mehr als 50 Jahre nach ELIZA entstanden, wurde ihr Fundament schon weit vor der Entwicklung der ersten Sprach-Analyse-Software gelegt.

Die Frage nach der Art und Weise wie Mediengeschichte geschrieben werden soll, rückt somit in den Fokus der Arbeit und ist gleichzeitig bedeutend für viele weitere Diskussionen in diesem Bereich. Wird somit von ELIZA „als der Mutter aller Chatbots“ gesprochen, wird eine Linearität hergestellt, die es aus technischer Sicht und vor allem vor dem Hintergrund der Entwicklung künstlich neuronaler Netze, schlichtweg nicht gibt. Aus medienwissenschaftlicher Perspektive ist es somit von Bedeutung die technische Entwicklungsgeschichte unter bestimmten Aspekten genauer zu betrachten und auf entsprechende Umbrüche, wie es bereits Foucault praktizierte, hinzuweisen.

Mit der frühen Sprach-Analyse-Software ELIZA und dem modernen Assistant von Google wurden in der Arbeit somit zwei Programme gegenübergestellt, die auf konkurrierenden KI-Ansätzen beruhen. Nicht der allgemeine technische Fortschritt und die Weiterentwicklung von ELIZA ermöglichen somit die heutige Funktionsfähigkeit der modernen Sprachassistenten, sondern die Wiederaufnahme und Weiterentwicklung eines „alten“ Verfahrens.

Literaturverzeichnis:

- Arrabales, R.; Muñoz, J.; Ledezma, A.; Gutierrez, G. & Sanchis, A. (2012): A Machine Consciousness Approach to the Design of Human-like Bots. In: P. Hingston, *Believable Bots. Can Computers Play Like People?* Berlin, Heidelberg: Springer (S. 171-192).
- Bager, J. (2015, 11. Juli): Siri, Cortana und Co.: Smartphone denkt voraus. *C't*, 16. Letzter Zugriff am 18.05.2017 unter: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Siri-Cortana-und-Co-Smartphone-denkt-voraus-2748288.html>
- Bieri, P. (1981): *Analytische Philosophie des Geistes*. Königstein/Ts: Hain Verlag.
- Churchland, P.M. (2009): On the Nature of Intelligence: Turing, Church, von Neumann, and the Brain. In: R. Epstein, G. Roberts & G. Beber, *Parsing the Turing Test. Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer*. Dordrecht: Springer (S. 107-118).
- Colby, K.M. (1975): *Artificial Paranoia: Computer Simulation of Paranoid Processes (General Psychology)*. Oxford: Pergamon Press.
- Copeland, J. & Proudfoot, D. (2009): Turing's Test: A Philosophical and Historical Guide. In: R. Epstein, G. Roberts & G. Beber, *Parsing the Turing Test. Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer*. Dordrecht: Springer (S. 119-138).
- Dengel, A. (1994): *Künstliche Intelligenz: Allgemeine Prinzipien und Modelle*. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: BI-Taschenbuchverlag.
- Dennett, D.C. (1993): Können Maschinen denken? In: R. Kurzweil (Hrsg.), *KI – Das Zeitalter der Künstlichen Intelligenz*. München: Hanser (S. 49-61).
- Diemers, D. (2002): *Die virtuelle Triade: Cyberspace, Maschinenmensch und künstliche Intelligenz*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.
- Dresler, M. (2009): *Künstliche Intelligenz, Bewusstsein und Sprache. Das Gedankenexperiment des „chinesischen Zimmers“*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Dreyfus, H. L. (1989): *Was Computer nicht können. Die Grenzen künstlicher Intelligenz*. Frankfurt am Main: Athenäum.
- Eberl, U. (2016): *Smarte Maschinen. Wie Künstliche Intelligenz unser Leben verändert*. München: Carl Hanser Verlag.
- Epstein, R.; Roberts, G. & Beber, G. (Hrsg.) (2009): *Parsing the Turing Test. Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer*. Dordrecht: Springer.
- Ertel, W. (2016): *Grundkurs Künstliche Intelligenz. Eine praxisorientierte Einführung*, 4. Auflage, Wiesbaden: Springer.
- Feldweg H. (1996): Stochastische Wortartendisambiguierung des Deutschen. In: H. Feldweg & E.W. Hinrichs (Hrsg.), *Wiederverwendbare Methoden und Ressourcen zur linguistischen Erschließung des Deutschen*. Tübingen: Niemeyer Verlag (S. 217-229).
- Graap, A. (2015, 11. Juli): *Wikipedia und Co.: So entsteht der Google Knowledge Graph*. Letzter Zugriff am 10.06.2017 unter <https://blog.hubspot.de/marketing/wikipedia-und-co-so-entsteht-der-google-knowledge-graph>
- Gödel, K. (1931): Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. *Monatshefte für Mathematik und Physik*, Band 38, 1 (S. 173-198).
- Görz, G., Schneeberger, J. & Schmid, U. (2014): *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*, 5. Auflage, München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Görz, G. Schmid, U. & Wachsmuth, I. (2014): Einleitung. In: G. Görz, J. Schneeberger & U. Schmid (Hrsg.), *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*, 5. überarbeitete Auflage. München: Oldenbourg Verlag.
- Harrach, S. (2014): *Neugierige Strukturvorschläge im maschinellen Lernen. Eine technikphilosophische Verortung*. Bielefeld: transcript Verlag.

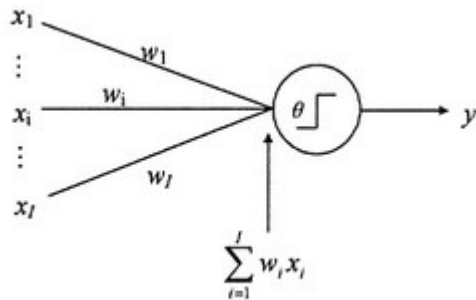
- Haugeland, J. (1987): *Künstliche Intelligenz – Programmierte Vernunft?* Hamburg: McGraw-Hill.
- Hebb, D. O. (1949): *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. New York: John Wiley and Sons.
- Herbold, A. (2016, 8. August): Von Eliza bis Siri. Chatbots werden immer schlauer. *Tagesspiegel*. Letzter Zugriff am 19.05.2017 unter: <http://www.tagesspiegel.de/kultur/von-eliza-bis-siri-chatbots-werden-immer-schlauer/13981306.html>
- Hodges, A. (2009): Alan Turing and the Turing Test. In: R. Epstein; G. Roberts & G. Beber, *Parsing the Turing Test. Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer*. Dordrecht: Springer (S. 13-22).
- Honey, C. (2016, 23. September): Die Suche nach dem Babelsch. *Zeit Online*. Letzter Zugriff am 15.06.2017 unter: <http://www.zeit.de/digital/internet/2016-08/kuenstliche-intelligenz-geschichte-neuronale-netze-deep-learning/seite-4>
- Jones, N. (2014, 9. Januar): Computer Science: The Learning Machines, *Nature*, 505 (S. 146-148). Letzter Zugriff am 09.06.2017 unter: <http://www.nature.com/news/computer-science-the-learning-machines-1.14481>
- Jüngling, T. (2015, 4. Oktober): *Wie Siri und Google Now unser Leben bestimmen*. Letzter Zugriff am 10.06.2017 unter: <https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article147177624/Wie-Siri-und-Google-Now-unser-Leben-bestimmen.html>
- Kuhn, T. (2015): Zwiegespräche mit dem Computer. *Wirtschaftswoche*. Letzter Zugriff am 19.03.2017 unter: <http://die-erfinder.3mdeutschland.de/technologien-und-produkte/zwiegesprache-mit-dem-computer>
- Kurzweil, R. (2014): *Menschheit 2.0: Die Singularität naht*. Berlin: Lola Books.
- Lyre, H. (2002): *Informationstheorie. Eine philosophisch-naturwissenschaftliche Einführung*. München: Fink.
- Mainzer, K. (2016): *Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen?* Wiesbaden: Springer.
- Mainzer, K. (1999): *Computernetze und virtuelle Realität. Leben in der Wissensgesellschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Manning, C. & Schütze, H. (1999). *Foundations of Statistical Language Processing*. MIT Press. Letzter Zugriff am 25.05.2017 unter: http://ics.upjs.sk/~pero/web/documents/pillar/Manning_Schuetze_StatisticalNLP.pdf
- McCarthy, J.; Minsky, M.; Rochester, N. & Shannon, C. (1955): *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Letzter Zugriff am 07.06.2017 unter: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>
- McCulloch, W. S. & Pitts, W. (1943): A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*. Volume 5 (S. 115-133).
- McCulloch, W. S. & Pitts, W. (1947): How we know universals the perception of auditory and visual forms. *Bulletin of Mathematical Biophysics*. Volume 9 (S. 127-147).
- Messina, C. (2016): *Chat Bots Aren't a Fad. They're a Revolution. If you thought chat bots might quietly disappear, think again. They're evolving fast, and only getting chattier*. Letzter Zugriff am 18.05.2017 unter: <https://backchannel.com/the-chat-bot-revolution-is-upon-us-f3fa9e0b380#.7t4pmnadv>
- Minsky, M. (1952): *A Neural-Analogue Calculator Based upon a Probability Model of Reinforcement*. Harvard University Psychological Laboratories, Cambridge, Massachusetts.
- Minsky, M. (1954): *Neural Nets and the Brain Model Problem*. Dissertation. Harvard University Psychological Laboratories, Cambridge, Massachusetts.
- Minsky, M. & Papert, S. (1969): *Perceptrons. An Introduction to Computational Geometry*. Cambridge: M.I.T. Press.

- Newell, A.; Shaw, J. C. & Simon, H. A. (1959): *Report on a general problem-solving program*.
 Letzter Zugriff am 23.01.2017 unter https://www.picardie.fr/~furst/docs/Newell_Simon_General_Problem_Solving_1959.pdf
- Newell, A. & Simon, H. A. (1956): *The logic theory machine: A complex information processing system*.
 Letzter Zugriff 07.06.2017 unter: http://shelf1.library.cmu.edu/IMLS/BACKUP/MindModels.pre_Oct1/logictheorymachine.pdf
- Nilsson, N. (1965): *Learning Machines: Foundations of Trainable Pattern-Classifying Systems*.
 1. Auflage. New York: McGraw-Hill.
- Patridge, D. (1991): *A New Guide to Artificial Intelligence*. Norwood: Ablex.
- Paulus, E. (1998): *Sprachsignalverarbeitung. Analyse, Erkennung, Synthese*. Berlin, Heidelberg: Spektrum.
- Pfister, B. & Kaufmann, T. (2008): *Sprachverarbeitung. Grundlagen und Methoden der Sprachsynthese und Spracherkennung*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Puppe, F. (1991): *Einführung in Expertensysteme*. Berlin: Springer.
- Rich, E. (1983): *Artificial Intelligence*, 1. Auflage. New York: McGraw-Hill.
- Rigoll, G. (1986): *Maschinelle Spracherkennung zur Verbesserung der Mensch Maschine Kommunikation*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Rosenblatt, F. (1959): *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*. New York: Spartan Books.
- Rosenblatt, F. (1962): Strategic approaches to the study of brain models. In: H. von Foerster (Hrsg.), *Principles of Self-Organisation*. Elmsford, New York: Pergamon Press.
- Rother, F. (2016). Siri und Alexa erklären die Welt. *Deutschlandradio Kultur*. Letzter Zugriff am 19.03.2017 unter: http://www.deutschlandradiokultur.de/digitale-sprachassistenten-siri-und-alex-erklaren-die-welt.976.de.html?dram:article_id=358776
- Röhle, T. (2010): *Der Google Komplex. Über Macht im Zeitalter des Internets*. Bielefeld: transcript Verlag.
- Scherb, M. (1992): *Künstliche und natürliche Sprache. Philosophische Text und Studien*. Hildesheim: Georg Olms AG.
- Schieb, J. (2016): *50 Jahre plaudernde Maschinen*. Letzter Zugriff am 23.01.2017 unter: <https://blog.wdr.de/digitalistan/50-jahre-plaudernde-maschinen/>
- Schlieter, K. (2015): *Die Herrschaftsformel: Wie Künstliche Intelligenzen uns berechnen, steuern und unser Leben verändern*. Frankfurt: Westend Verlag.
- Schrum, J., Karpov, I.V. & Miikkulainen, R. (2012): Human-Like Combat Behaviour via Multiobjective Neuroevolution. In: P. Hingston, *Believable Bots. Can Computers Play Like People?* Berlin, Heidelberg: Springer (S. 119-150).
- Searle, J. (1980) Intrinsic Intentionality. *The Behavioral and Brain Sciences* 3 (S. 450-457).
- Searle, J. (1980a): Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences* 3 (S. 417-457).
- Searle J. (1995): Ontology Is the Question. In: P. Baumgartner & S. Payr, *Speaking Minds: Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists*. Princeton, NJ: Princeton University Press (S. 202-213).
- Spreckelsen, C. & Spitzer, K. (2008): *Wissensbasen und Expertensysteme in der Medizin*, 1. Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Tewes, M. (2005): »Sie können ruhig in ganzen Sätzen mit mir sprechen!« Chatbots und ihre Bedeutung für internetbasierte Kommunikation. In: T. Siever; P. Schlobinski & J. Runkehl, *Websprache.net. Sprache und Kommunikation im Internet*. Berlin: De Gruyter (S. 242-265).
- Turing, A. (1936): On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 42, 3 (S. 230-265).
- Turing, A. M. (1967): Kann eine Maschine denken? In: H. M. Enzensberger, *Neue Mathematik, Grundlagenforschung, Theorie der Automaten*, Kursbuch 8, Frankfurt am Main:

- Suhrkamp Verlag (S. 106-138). (e.O.: *Computing Machinery and Intelligence* (1950), übersetzt von P. Gänßler).
- Von Wendt, K.L. (2003): Technische Grundlagen von natürlichsprachigen Dialogsystemen. In: C. Lindner, *Avatare. Digitale Sprecher für Business und Marketing*. Berlin, Heidelberg: Springer (S. 37-48).
- Wallace, R.S. (2000): *Don't read me. A.L.I.C.E. and AIML Documentation*. Letzter Zugriff am 07.06.2017 unter: <https://www.mediensprache.net/archiv/pubs/2760.html>
- Walde, J. F. (2015): *Design Künstlich Neuronaler Netzwerke: Ein Leitfaden zur effizienten Handhabung mehrschichtiger Perzeptrone*. Wiesbaden: Springer.
- Weaver, W. (1955): Translation. In W. N. Locke & A. D. Booth (Hrsg.), *Machine Translation of Languages*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weizenbaum, J. (1966): ELIZA – A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine. *Communications of the ACM*. Volume 9, Number 1 (S. 35-36).
- Weizenbaum, J. (1978): *Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Wilks, Y. (1977): Sprachverstehende Systeme in der künstlichen Intelligenz. Überblick und Vergleich. In: P. Eisenberg, *Semantik und künstliche Intelligenz. Beiträge zur automatischen Sprachverarbeitung II*. Berlin, New York: De Gruyter (S. 180-230).
- Witten, H. & Hornung, M. (2009): Chatbots. *LOG IN*, 157/58 (S. 63-74). Letzter Zugriff am 01.06.2017 unter: https://medienwissenschaft.uni-bayreuth.de/inik/chatbots/LOG_IN_157-158_063-074_P&M_Witten+Hornung_Chatbots-2.PDF
- Woelk, U. (2016, 24. Januar): Eliza, „das sagten Sie bereits“. *Zeit Online*. Letzter Zugriff am 19.05.2017 unter: <http://www.zeit.de/2016/02/eliza-software-computer-konversation>
- Wolff, P. (2003): Virtualisierung und Personalisierung – Technologietrends Machen Avatare zur innovativen Mensch-Maschine-Schnittstelle. In: C. Lindner, *Avatare. Digitale Sprecher für Business und Marketing*. Berlin, Heidelberg: Springer (S. 291-300).
- Yu, D. & Deng, L. (2015): *Automatic Speech Recognition. A Deep Learning Approach*. London: Springer.
- Zimmerli, W. & Wolf, S. (1994): *Künstliche Intelligenz. Philosophische Probleme*. Stuttgart: Reclam.

Anhang

Anhang 1: „Graphische Darstellung eines künstlichen Neurons mit l Eingabesignalen, dem Schwellenwert θ , den Parametern w_i ($i = 1, \dots, l$) und der Ausgabe y “. Aus Walde, J. F. (2015): *Design Künstlich Neuronaler Netzwerke: Ein Leitfaden zur effizienten Handhabung mehrschichtiger Perzeptrone*. Wiesbaden: Springer. S. 1.



Anhang 2: „Mehrschichtiges Neuronales Netz“. Aus Walde, J. F. (2015): *Design Künstlich Neuronaler Netzwerke: Ein Leitfaden zur effizienten Handhabung mehrschichtiger Perzeptrone*. Wiesbaden: Springer. S. 4.

