

Haushaltshilfe oder echter Freund? – Wie Roboter sozial wurden

Lisa Schröter

Institut für Philosophie, Literatur-, Wissenschafts- und Technikgeschichte, Technische Universität Berlin

Einleitung

Der Ingenieur Meredith W. Thring (1915–2006) hielt 1963 am Royal College of Art in London einen Vortrag mit dem Titel *The Domestic Revolution*, in dem er einem Publikum aus Forschern und Wirtschaftsvertretern seine Vision eines Service-Roboters vorstellte.¹ Für Thring war dieser ein multifunktionaler Sklave² im Haushalt, der ohne Gefühle oder Intelligenz stupide und eintönige Arbeiten im Haus übernehmen sollte, wie den Tisch zu decken und abzuräumen, die Bettwäsche zu wechseln oder Böden und Oberflächen in Badezimmer und Küche zu reinigen.³ Eine gefühllose Maschine war für diese Tätigkeiten also gerade recht. In seiner Vision bezog er auch Entwicklungskosten, sowie den Realisierungszeitraum von etwa 20 Jahren ein. Herman Kahn und Anthony Wiener nahmen diese Visionen auf und projizierten sie in ihrem Buch *Ihr werdet es erleben – Voraussagen für die Wissenschaft für das Jahr 2000* zusammen mit weiteren technologischen Wahrscheinlichkeiten auf die Jahrtausendwende.⁴

Hinsichtlich der Erwartungen an universal einsetzbare Haushaltsroboter, die vollständig die Haushaltsführung übernehmen können, und denjenigen, die bereits vorhanden oder in den nächsten Jahren zu erwarten sind, gibt es große Unterschiede. Gegenwärtig, im Jahr 2018, scheint so ein Mehrzweckhelfer nach wie vor ein weit entfernter Traum zu sein, denn diejenigen Roboter, die bereits Einzug in den Haushalt gefunden haben, sind meist spezialisierte Maschinen, die nur eine Aufgabe erfüllen können, wie das Staubsaugen, Rasenmähen oder Putzen der Fenster. Diese genannten Haushaltsroboter ähneln

¹ Vgl. Meredith W. Thring, „The Domestic Revolution“, in *Journal of the Royal Society of Arts* 111 (Juni 1963), S. 556–572.

² Vgl. ebd., S. 568.

³ Vgl. ebd., S. 556f.

⁴ Herman Kahn und Anthony J. Wiener, „Ihr werdet es erleben – Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahr 2000“ (Wien–München–Zürich: Verlag Fritz Molden, 1968).

den von Thring imaginierten Sklaven. Der multifunktionsfähige Haushaltsroboter bleibt jedoch nach wie vor eine Wunschvorstellung und hat sich hier als eine falsche Prognose erwiesen.

Allerdings sind dies nicht die einzigen Roboter, die auf dem kommerziellen Markt erhältlich sind oder die aktuell in Laboren entwickelt werden. Bereits seit den 1990er-Jahren floriert eine neue Gattung von Unterhaltungsrobotern, Roboterassistenten oder -partnern, die mit uns sprechen, uns unterhalten oder uns bei Alltäglichem helfen sollen. Kommerzielle Beispiele hierfür sind *AIBO* (ein Roboterpartner in der Gestalt eines Hundes), das fellüberzogene Spielzeug *Furby* und die Social Robots *Fribo* oder *Jibo*. *Jibo* ist laut Webseite des Herstellers ein charmanter, hilfsbereiter Roboter, der sich darauf freut, ein Teil der Familie zu werden.⁵ *Jibos* Funktionen basieren auf Gesichts- und Spracherkennungstechnologie, mit der er sich an Menschen erinnern und auf Zuruf reagieren kann. Er soll laut Hersteller nahtlos in das soziale Leben passen. So erkennt er Personen wieder, macht auf Zuruf Fotos oder teilt Fakten und lernt durch weitere Interaktion.⁶

Im Vergleich zum Haushaltsroboter sind die Erwartungen an diese neue Art der Robot Companions, Social Robots, Entertainment Robots oder Assistant Robots viel weniger eindeutig definiert und entstehen vielmehr aus der spielerischen Interaktion im Rahmen des Ausprobierens. Sie befinden sich noch größtenteils in Laboren und fungieren als Testgebiet für Forschungsprojekte und sind nur teilweise – wie im Fall von *Jibo* – über kommerzielle Projekte miteinander verknüpft. *Jibo* wurde von Cynthia Breazeal (*1967), Leiterin des Media Lab des Massachusetts Institute for Technology (MIT), entwickelt. Davon ausgehend, dass Roboter zukünftig eine bedeutendere Rolle in der Gesellschaft spielen werden, befasst sich Breazeal mit der Entwicklung von Roboter-Technologien, welche die Human-Robot-Interaction (HRI) verbessern sollen.⁷ Eine verwandte Disziplin, Socially Assistive Robotics (SAR), konzentriert sich auf die Entwicklung von Geräten, meist in Form von Robotern, die Nutzern durch soziale anstatt physische Interaktion helfen sollen. Diese sich um das Jahr 2000 herausbildenden Felder begründen eine neue Ausrichtung des Forschungsinteresses innerhalb der Exploration der Mensch-Roboter-Interaktion. In dieser Zeit begannen sie sich von kleineren Forschungsprojekten zu eigenen wissenschaftlichen Bereichen mit eigenen Konferenzen und Journalen zu entwickeln.⁸

⁵ Vgl. „Jibo“, September 2017, <https://www.jibo.com/>. Abgerufen am 29.12.2017.

⁶ Vgl. ebd.

⁷ Vgl. „Personal Robot Group“, Home, 2015, <http://robotic.media.mit.edu/>. Abgerufen am 27.06.2018.

⁸ An verschiedenen Instituten wird verstärkt an Assistenzrobotern gearbeitet, wie z. B. am Fraunhofer-Institut mit dem Care-O-bot 4, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, <https://www.care-o-bot.de/de/care-o-bot-4.html>. Abgerufen am 05.07.2018; am Interaction Lab der University of Southern

Um zu verstehen, wie es zur Entwicklung von Social Robots kam, habe ich mich mit der Forschung an selbständigen und intelligenten Robotern des Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL) am MIT beschäftigt: von den Vorläufern, Insektenartigen Robotern, über *Cog*, einen humanoiden Roboter, den Roboterkopf *Kismet* bis *Jibo*. Die Entwicklung der selbständigen Bewegung im Raum von Robotern wurde inspiriert durch die Beobachtung der Tiere, meist der Insekten. Ausgehend von diesen Erfolgen wendete man sich dann neuen Herausforderungen zu und versuchte, kognitive Modelle umzusetzen. Die Frage blieb jedoch offen, wie das System kognitive und physische Fähigkeiten entwickeln könnte. Inspiriert von der Kognition des Menschen, die sich über das Heranwachsen des Individuums mit der Zeit entfaltet, griffen Ingenieure auf Theorien der Entwicklungspsychologie zurück und setzten die Interaktion des Menschen mit dem Roboter als Methode ein, um Robotern neue Fähigkeiten beizubringen. Ähnlich wie die soziale Interaktion des Kindes ihm bei der Entwicklung hilft – zum Beispiel beim Erlernen des Sprechens – sollte der Forscher den Roboter beim Lernprozess unterstützen. Ein Roboter, der befähigt ist in und durch soziale Interaktionen zu lernen, wird so zum Sociable Robot. Diese neue Generation von Robotern entstand durch jahrelange Forschung am Objekt und wurde nicht als geplante Entwicklung erdacht. Sie entstand hier als Nebenprodukt oder vielmehr Weiterentwicklung der Robotik.

Im vorliegenden Artikel soll zunächst eine Begriffserklärung des Konzeptes Roboter vorgestellt werden (Kapitel 1). Die Entwicklung von Social Robots wird in den nächsten Abschnitten anhand von ausgewählten Publikationen des CSAIL am MIT dargestellt. Zunächst wird aufgezeigt, wie das Problem der Navigation im Raum von Rodney Brooks gelöst und wie bei der Entwicklung eigenständiger Bewegung auf Modelle der Biologie zurückgegriffen wurde (Kapitel 2). Um intelligente und lernfähige Roboter zu bauen, wurde die soziale Interaktion zwischen Roboter und Mensch stärker in den theoretischen Rahmen des Zielanspruches integriert, die als integraler Teil des Konzeptes von Intelligenz verstanden wurde, was im Kapitel 3 erläutert wird. Schließlich erhielten Roboter um das Jahr 2000, in Rückgriff auf Erkenntnisse aus der Entwicklungspsychologie, das Attribut „sozial“. Ein sozialer Roboter ist nicht nur die bestmögliche Form, um direkt mit Menschen zu interagieren, sondern seine Entwicklungsfähigkeiten beruhen auf der Möglichkeit, durch Interaktion Neues zu lernen und dieses mit dem bereits Erlernten zu verknüpfen, um eine Entwicklung hin zu kognitiv komplexerem Verhalten zu ermöglichen.

California: „Interaction Lab“, <http://robotics.usc.edu/interaction/>. Abgerufen am 05.07.2018; oder am MIT in der Personal Robot Group: „Personal Robot Group“, Home, 2015, <http://robotic.media.mit.edu/>. Abgerufen am 27.06.2018.

Mithilfe dieser Forschungsfragen und Forschungsansätzen werden den Prognosen der 1960er-Jahre die tatsächlichen Entwicklungsschritte in der Robotik um die Jahrtausendwende gegenübergestellt.

Roboter: eine Begriffserklärung

Die Entwicklung von Robotern – besonders die der Industrieroboter – ist in den letzten Jahrzehnten weit vorangeschritten. Heutzutage werden verschiedenste Roboter für diverse Einsatzgebiete konzipiert und gebaut und es scheint, als gäbe es außerhalb des industriellen Sektors genauso viele Vorschläge und Vorstellungen, was ein Roboter sein könne, wie es Roboter gibt. Die Soziologin Miriam J. S. Leis erstellte im Zuge ihrer Untersuchung zum Vergleich von unterschiedlichen Betrachtungsweisen von Robotern in Deutschland und Japan eine Definition von nicht-industriellen Robotern. Sie definierte einen Roboter nicht nach seinen spezifischen Aufgaben und Attributen, sondern in Abgrenzung zu dem, was er nicht ist, wie etwa im Unterschied zu einem Computer, einem rein mechanischen Automaten oder einem lebenden Organismus.

A robot is a reprogrammable mechatronic device, consisting of mechanical and electronic components, whose actuators and movements are controlled through a computer or some other form of electronic data processing and memory devices. A robot is able to perceive and process data from its environment and perform movements without direct physical human interference, although it may be controlled through remote-control devices, vocal, visual or other forms of commands. In contrast to a computer which only processes and transforms information, or virtual agents, a robot is capable of moving around and performing tasks in a 3-dimensional environment.⁹

Den nicht-industriellen Robotern ordnet sie die Service Robots, als eigene Kategorie zu. Diese können sowohl gewerbliche Anwendungsgebiete, beispielsweise den Wäschetransport in Krankenhäusern, als auch private Anwendungsmöglichkeiten wie das Staubsaugen haben. Diese Klassifizierungsansätze werden auch von der International Federation of Robotics (IFR) angewendet. Der IFR ist ein internationaler Verband aus Industrieunternehmen und Forschungsinstituten, der darum bemüht ist, den Bereich der Robotik zu vernetzen und zu fördern.¹⁰ Laut einem Bericht des IFR übernimmt ein Service Robot „[...] useful

⁹ Miriam J. S. Leis, „Robots – our future partners?“ (Marburg: Tectum Verlag, 2006), S. 49.

¹⁰ Vgl. IFR International Federation of Robotics, „IFR International Federation of Robotics“, 2017, <https://ifr.org/>. Abgerufen am 29.12.2017.

tasks for humans or equipment excluding industrial automation application.“¹¹ Neben den erwähnten, bereits auf dem Markt vorhandenen Produkten, versteht man unter Service-Robotern für den Heimgebrauch auch Social Robots und Robot Companions.

Wenige dieser Produkte sind bereits kommerziell erhältlich oder großflächig einsetzbar, da sich viele von ihnen noch in der Entwicklungsphase befinden. Für 2017 wurde ein Social Robot angekündigt, der ein hilfreicher Teil des Lebens werden soll.¹² Er wird als Freund der Familie und Begleiter im Alltag beschrieben, der freundlich und charmant ist und sozial interagieren kann. *Jibo* ist ungefähr 30 Zentimeter groß und hat einen runden Kopf mit einem flachen Bildschirm als Gesicht. In diesem fungiert ein animierter Kreis, der unterschiedliche Mimik annehmen kann – angelehnt an Bewegungen der Augen – als Bezugspunkt für den menschlichen Betrachter: er blinkt, bewegt sich seitlich nach rechts und links oder hüpfert aufgeregt. Der Kopf sitzt auf einem kegelförmigen Körper, der mit einem dreiachsigen Motorsystem ausgestattet ist, so dass er unterschiedliche Körperhaltungen einnehmen und sogar tanzen kann. Über Sprachsteuerung kann der Roboter Kochrezepte anzeigen, an Termine erinnern oder per Zuruf ein Foto machen. Es ist möglich, ihm Fragen über sich selbst zu stellen oder sein Allgemeinwissen abzufragen.

Die Hauptentwicklerin dieses Social Robots ist Cynthia L. Breazeal.¹³ Ende der 1990er-Jahre arbeitete Breazeal an dem Design eines Roboterkopfes, um die Interaktion zwischen

¹¹ IFR International Federation of Robotics, „World Robotics Service Robots“, in *World Robotics Report* (Frankfurt, Germany, 2016), S. 9.

¹² Vgl. „Jibo“, September 2017, <https://www.jibo.com/>. Abgerufen am 29.12.2017; Indiegogo, „JIBO, The World’s First Social Robot for the Home“, 2014, <https://www.indiegogo.com/projects/jibo-the-world-s-first-social-robot-for-the-home>. Abgerufen am 13.10.2017; Alexa Echo und Google Home werden laut Hersteller als „digitale Assistenten“ bezeichnet und beinhalten keine „soziale“ Funktion. Jibo grenzt sich bewusst von diesen Assistenten ab, da er durch seine Mimik mit Menschen interagieren kann. Quelle CNN Interview mit Cynthia Breazeal: CNN, „Making the world’s first family robot“, Fareed Zakaria, GPS, 6. September 2016, <http://edition.cnn.com/videos/tv/2016/09/06/exp-gps-breazeal-clip-jibo.cnn>. Abgerufen am 13.10.2017; vgl. auch Indiegogo, „JIBO, The World’s First Social Robot for the Home“, 2014, <https://www.indiegogo.com/projects/jibo-the-world-s-first-social-robot-for-the-home>. Abgerufen am 13.10.2017; Alexa Echo und Google Home werden laut Hersteller als „digitale Assistenten“ bezeichnet und beinhalten keine „soziale“ Funktion. Jibo grenzt sich bewusst von diesen Assistenten ab, da er durch seine Mimik mit Menschen interagieren kann. Quelle CNN Interview mit Cynthia Breazeal: CNN, „Making the world’s first family robot“, Fareed Zakaria, GPS, 6. September 2016, <http://edition.cnn.com/videos/tv/2016/09/06/exp-gps-breazeal-clip-jibo.cnn>. Abgerufen am 13.10.2017.

¹³ Cynthia L. Breazeal ist Associate Professor für Media Arts and Sciences am Massachusetts Institute of Technology, (MIT) wo sie die Personal Robots Group am Media Lab gründete und leitet. Sie ist auch Gründerin und Chief Scientist von Jibo, Inc. Sie gilt als eine Pionierin der Social Robotics und Human Robot Interaction. „Cynthia Breazeal Media MIT“, Biography, 2017, <http://cynthiabreazeal.media.mit.edu/bio/>. Abgerufen am 17.10.2017.

Mensch und Maschine zu verbessern.¹⁴ Der Roboter mit dem Namen *Kismet* sollte menschliche Mimik und Reaktionen nachahmen, um so auf „natürliche“¹⁵ Weise menschliche Kommunikation zu erlernen.¹⁶ Neben dem Kopf konnte er auch Augenlider, Augenbrauen, Ohren und Mund bewegen und visuelle und auditive Signale empfangen, um von diesen ausgehend auf soziale Signale durch eine Blickrichtung oder einen Gesichtsausdruck zu reagieren.¹⁷

In ihrem 2002 erschienenen Buch *Designing Sociable Robots* definiert sie einen sociable Robot wie folgt:

[F]or me, a sociable robot is able to communicate and interact with us, understand and even relate to us, in a personal way. It should be able to understand us and itself in social terms. We, in turn, should be able to understand it in the same social terms—to be able to relate to it and to empathize with it. Such a robot must be able to adapt and learn throughout its lifetime, incorporating shared experiences with other individuals into its understanding of self, of others, and of the relationships they share. In short, a sociable robot is socially intelligent in a human-like way, and interacting with it is like interacting with another person.¹⁸

Hier wird sichtbar, dass es nicht nur erwünscht ist, dass der Roboter über eine gewisse Intelligenz verfügt, er sollte auch zur zwischenmenschlichen Interaktion fähig sein. Es geht nicht mehr darum, nützliche Aufgaben im Haushalt zu übernehmen. Diese Vorstellungen haben mit der Vision von Thring wenig gemein. Weder soziale Interaktion noch soziale Intelligenz werden hier gefordert und der Leistungsanspruch der 1960er-Jahre unterscheidet sich deutlich von dem der Jahrtausendwende. Wie und warum gelangte diese neue Anforderung in den Diskurs um die Roboter? Wie wurden Roboter sozial?

¹⁴ Vgl. Cynthia L. Breazeal, „Sociable Machines: Expressive Social Exchange Between Humans and Robots“ (Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2000).

¹⁵ Die Autorin bezieht sich bei der Verwendung des Wortes „natural“ hier auf nonverbale und verbale Kommunikation: „Kismet is designed to perceive a variety of natural social cues from visual and auditory channels, and to deliver social signals to the human caregiver through gaze direction, facial expression, body posture, and vocalizations“, Breazeal, „Sociable Machines: Expressive Social Exchange Between Humans and Robots“, S. 40.

¹⁶ Vgl. Breazeal, „Sociable Machines: Expressive Social Exchange Between Humans and Robots“.

¹⁷ Vgl. ebd.

¹⁸ Cynthia L. Breazeal, „Designing Sociable Robots“, hrsg. von Ronald C. Arkin (Cambridge Massachusetts; London, England: MIT Press, 2002), S. 1; hier trifft ihre Beschreibung der Definition des sociable Robot eher auf den social Robot zu.

Roboter als biologische Modelle

Der wichtigste Einsatzbereich von Robotern fokussiert sich in den 1960er-Jahren wie heute auf gewerbliche Kontexte, in welchen Industrieroboter fest am Boden befestigt mit ihren Greifarmen Objekte bewegen und montieren. Durch ihre Größe und Kraft können sie während ihrer Bewegungen den Menschen verletzen und sind daher „eingesperrt“ oder in speziell eingerichteten Fabrikationshallen, um die Gefahrenzone zu markieren. Nicht nur ihre eingeschränkte Bewegungsfähigkeit, sondern auch ihre „Blindheit“ gegenüber dem, was in der Umgebung vor sich geht, schränkt Einsatzbereich und Erweiterbarkeit dieser Roboter ein und wurde bereits in den 1960er-Jahren als technisches Problem wahrgenommen, das es zu lösen galt. Robotern und Menschen in geteilten Räumen die Zusammenarbeit zu ermöglichen, erschien daher zweckmäßig und funktional.¹⁹

Eine der ersten Hürden, die auf dem Weg der Entwicklung zweckmäßiger und funktionaler Roboter in Angriff genommen wurden, war die eigenständige Bewegung durch den Raum. Nur ein Roboter, der sich nicht entlang vorgegebener Wege bewegt, kann, so die Grundannahme, flexibel in unterschiedlichen Situationen eingesetzt werden. Dem Roboterpionier Rodney Brooks (*1954), einem australischen Informatiker und Kognitionswissenschaftler, gelang es, diesem früh formulierten Zielanspruch von Robotern als autonom bewegende Maschinen näher zu kommen. Brooks hatte sich von biologischen Modellen²⁰ dazu inspirieren lassen, Sensorik- und Bewegungssysteme für Insektenartige Roboter zu konzipieren.²¹ Hierzu gehörte das Navigieren um Hindernisse herum, ohne dabei stehen zu bleiben, sondern diesen auszuweichen – sprich, das Finden von alternativen Routen. Er orientierte sich an der Art, wie Insekten ihre Umgebung erkunden, und entwickelte darauf aufbauend den Ansatz der *Subsumption Architecture*.²² Dabei erhielten Roboter über die Programmierung den Befehl, sich zu bewegen und die Umgebung zu erkunden. Meldete ihnen ihr Sensorsystem ein Hindernis, sollten sie eine andere Richtung einschlagen und das Objekt umgehen können, ohne verstehen zu müssen, worum es sich bei dem

¹⁹ Vgl. Heinrich Arnold Ernst, „MH-1, a Computer-Operated Mechanical Hand“ (Department: Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Electrical Engineering, 1962); J. McCarthy et al., „A Computer with Hands, Eyes, and Ears“, in *Proceedings of the Joint Computer Conference, AFIPS '68 (Fall, Part I)* (New York, NY, USA: ACM, 1968), S. 329–338.

²⁰ Vgl. Rodney Brooks, „Flesh and Machines – How robots will change us“ (New York: Vintage Books, 2003).

²¹ Er folgte der Herangehensweise von Kybernetikern die in den 1950er-Jahren Tier-Roboter umgesetzt hatten, wie z. B. eine Serie von elektronischen Schildkröten von William Grey Walter. Vgl. Hans Moravec, „Mind Children. The Future of Robot and Human Intelligence“ (Cambridge Massachusetts; London, England: Harvard University Press, 1988).

²² Vgl. Rodney A. Brooks, „A robot that walks; emergent behaviors from a carefully evolved network“, A. I. Memo 1091(Februar 1989), S. 2.

Objekt konkret handelt, ähnlich wie bei einem Insekt, welches gegen ein Hindernis stößt und sich dann dreht, um daran vorbei zu krabbeln. Brooks umging mit dieser Lösung rechenaufwändige Systeme, oder „Denkprozesse“²³, die ein Modell der realen Welt intern nachbilden, indem über Sensoren Hindernisse wahrgenommen und diese Informationen an einen Computer geschickt werden, der sie wiederum mit seinem internen Modell der Welt vergleicht und auch berechnet, wie ein Objekt zu umgehen ist, diesen Plan dann wiederum an den Roboter sendet, der entsprechend reagieren muss. Stattdessen baute Brooks Roboter, die fast keine Programmierung erhielten, aber durch Ausprobieren schnell lernten, sich zu bewegen und Objekte zu umgehen.²⁴

Ausgehend von den Erfolgen der insektenartigen Roboter entwickelte Brooks die *Physical Grounding Hypothesis*, die darauf basiert, dass es für die Konstruktion eines intelligenten Systems notwendig ist, dieses durch einen mit Sinnen ausgestatteten Körper in der physischen Welt zu verankern. Wahrnehmungsmodule und Verhaltensgenerierung sollten ohne ein internes Modell der Welt funktionieren können. Damit versuchte Brooks, eine Lösung für das *Symbol-Grounding-Problem* zu finden, das offen lässt, wie ein Symbol eine Bedeutung erhalten soll.

Our experience with this approach is that once this commitment is made, the need for traditional symbolic representations soon fades entirely. The key observation is that the world is its own best model. It is always exactly up to date. It always contains every detail there is to be known. The trick is to sense it appropriately and often enough.²⁵

Das Sehen, für den Roboter über eine Kamera, stellt sich hier als Problem dar, da nicht klar ist, wie es von einer Informationsverarbeitung, also einer Beschreibung der Eingabe – dem Bild, das nur explizite Informationen über Intensitätswerte liefert – zu einer Beschreibung kommt, die explizite Informationen für die Zwecke des Subjekts liefert. Ein auf einem internen Modell der Welt basierender Roboter kann Veränderungen dieses Modells – nur über das Sehen – nicht selbst erfassen. Es braucht eine externe Aktualisierung, sollte sich in der realen Welt etwas ändern.

Die Basis für eine echte Intelligenz sieht Brooks entsprechend in der Fähigkeit, durch verschiedene Sinne die reale Welt zu erfassen, um so zunächst überlebenswichtige Aufgaben

²³ Mit „Denkprozess“ ist der klassische Ansatz gemeint, bei dem die einzelnen Aufgaben in funktionale Einheiten aufgeteilt werden, die nacheinander geschaltet sind.

²⁴ Rodney Brooks, „A robust layered control system for a mobile robot“, in *IEEE Journal on Robotics and Automation* 2, Nr. 1 (März 1986): S. 14–23.

²⁵ Rodney A. Brooks, „Elephants don’t play chess“, in *Designing Autonomous Agents* 6, Nr. 1 (1. Juni 1990), S. 6.

in einer dynamischen Umwelt bewältigen zu können. Laut Erkenntnissen aus der Verhaltensbiologie sei Intelligenz weit mehr als ein logischer und linearer Aufbau der Entscheidungsschritte:

To build a system based on the physical grounding hypothesis it is necessary to connect it to the world via a set of sensors and actuators. Typed input and output are no longer of interest. They are not physically grounded.²⁶

Über einen selbstdenkenden Computer hinaus ging es darum, nützliche Maschinen zu schaffen, die intelligent handeln können.²⁷ Zu Beginn der 1990er-Jahre begann Brooks gemeinsam mit Forschenden anderer Universitäten und Institute alternative Ansätze zur Erfüllung des jahrzehntelangen Versprechens, Künstliche Intelligenz (KI) zu entwickeln, in Betracht zu ziehen. Die Vorstellung, dass interaktive Systeme leistungsstärkere Problemlösungsmotoren sind als die einfachen Inputalgorithmen, wurde zur Grundlage eines neuen Paradigmas für die Rechentechnologie.²⁸ Vorangeschrittene Forschung zu künstlicher Intelligenz beginnt sich ihren Weg zurück in die Körper zu suchen, was sich in der Organisation von neuen Konferenzen manifestiert,²⁹ weg von der traditionellen KI-Forschung oder „good old fashioned artificial intelligence (GOFAI)“.³⁰ Es ist die Zeit, in der Forscher „social behavior as the basis of ‚real‘ intelligence“³¹ entdecken, wie die Autorinnen Jutta Weber und Corinna Barth es ausdrückten.

Roboter als soziale Modelle

Brooks wandte sich nun ausgehend von seinen biologischen Modellen dem Versuch zu, die Kognitionsfähigkeit des Menschen nachzubilden. Biologische Bewegungssysteme als Vorbilder zu nehmen, führte zwar zur erfolgreichen Anwendung von Robotern, die ein ähnliches Verhalten an den Tag legten, wie Insekten. Doch diese Systeme reichen nicht

²⁶ Brooks, „Elephants don't play chess“, S. 6.

²⁷ Vgl. Lisa Nocks, „The Robot – The Life Story of a Technology“ (Westport, Connecticut, London: Greenwood Technographies, 2007).

²⁸ Vgl. Peter Wegner, „Why Interaction is More Powerful Than Algorithms“, in *Commun. ACM* 40, Nr. 5 (Mai 1997): S. 80–91.

²⁹ Ab 1991 Simulation of Adaptive Behavior – From Animals to Animats.

³⁰ Rodney Brooks, „Behavior-based humanoid robotics“, in *Intelligent Robots and Systems '96, IROS 96, Proceedings of the 1996 IEEE/RSJ International Conference on*, Bd. 1, 1996, Bd.1, S. 1.

³¹ Jutta Weber und Corinna Bath, „‚Social‘ Robots & ‚Emotional‘ Software Agents: Gendering Processes and De-Gendering Strategies for ‚Technologies in the Making‘“, in *Gender Designs IT: Construction and Deconstruction of Information Society Technology*, hrsg. von Isabel Zorn et al. (Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2007), S. 57.

aus, um komplexere Kompetenzen zu entwickeln. Ein Roboter müsse, um dem Menschen ähnliche Intelligenz entwickeln zu können, über mehrere, dem Menschen ähnliche Sinne verfügen, die, integriert in einen Körper, dazu in der Lage sind, Informationen über die Welt in Erfahrung zu bringen und auszuwerten. 1993 begann das MIT-Team mit dem Bau eines neuen von der Hüfte aufwärts humanoiden Roboters mit mehrdimensionaler Sensorik, den das Team *Cog* nannte.

We describe a project to capitalize on newly available levels of computational resources in order to understand human cognition. We are building an integrated physical system including vision, sound input and output, and dextrous manipulation, all controlled by a continuously operating large scale parallel MIMD computer. The resulting system will learn to ‚think‘ by building on its bodily experiences to accomplish progressively more abstract tasks. Past experience suggests that in attempting to build such an integrated system we will have to fundamentally change the way artificial intelligence, cognitive science, linguistics, and philosophy think about the organization of intelligence.³²

Schon hier fließen Überlegungen zu einer Interaktion zwischen Roboter und Mensch ein und soziale Komplexität wird durch technische Zerlegung sozialer Vorgänge in für Maschinen verständliche Aufgaben übersetzt.

In thinking about interacting with people some of the important issues are detecting faces, distinguishing human voices from other sounds, making eye contact, following the gaze of people, understanding where people are pointing, interpreting facial gestures, responding appropriately to breaking or making of eye contact, making eye contact to indicate a change of turn in social interactions, and understanding personal space sufficiently.³³

Während der Arbeit an dem Projekt entwickelte das Team allmählich neue theoretische Ansätze. Bei dem Versuch menschliche Kognition nachzubilden, stießen die Forscher auf die Frage, ob die wahrgenommenen Informationen nicht in ein System von erfahrungsbasierter Entwicklung integriert werden könnten, so dass der Roboter nicht als fertiges Konstrukt gebaut würde, sondern sich mit der Zeit kognitive Fähigkeiten auf der Basis des schon Gelernten entwickeln:

While in principle it might be possible to build an adult-level intelligence fully formed, another approach is to build the baby-like levels, and then recapitulate

³² Rodney Brooks und Lynn Andrea Stein, „Building brains for bodies“, in *Autonomous Robots* 1, Nr. 1 (1. März 1994), S. 7.

³³ Brooks, „Behavior-based humanoid robotics“, S. 3.

human development in order to gain adult human-like understanding of the world and self. [...] Cognitive development is a completely new challenge for robotics, behavior-based or otherwise.³⁴

Es wird insgesamt angenommen, dass durch eine ontogenetische Entwicklung die Steuerungssysteme, Mechanismen, Subsysteme und internen Strukturen Entwicklungsschritte durchlaufen, die im Laufe der Zeit immer ausgefeilter und komplexer werden. Die Annahme lautet, dass bei Robotern, wie bei Kindern, Fähigkeiten Schritt für Schritt erlernt werden, und das Ziel ist es, das Lernen durch Wiederholung in die Entwicklung eines Roboter-Systems zu integrieren und es in seiner Komplexität wachsen zu lassen. Durch das Erlernen von Fähigkeiten in Subsystemen, die sich der Roboter merkt, durchlebt er eine Entwicklung, die schrittweise auf den vorherigen Abschnitten des Lernens aufbaut. Die Frage bleibt offen, wie diese Entwicklung ohne Genverhaltenszuordnung stattfinden kann. Der Mensch hat die Fähigkeit, sich zu entwickeln und seine Fähigkeiten und seine Intelligenz beruhen auf spezifischen genetischen Voraussetzungen. Diese Fähigkeiten sind im Kindesalter zunächst gering und entwickeln sich erst im Heranwachsen.

Inspiziert von der Kindesentwicklung, unter Bezugnahme auf Theorien aus der Entwicklungspsychologie, wählen die Forscher die Interaktion zwischen dem Roboter und dem Forscher als Methode, um die Roboter-Entwicklung zu strukturieren. Die Entwickler gehen davon aus, dass das Vorbild Mensch eine entscheidende Rolle in der Bildung solcher Systeme spielt.

The social realm is also important to study as evidenced by the crucial role that parents (mentors) play in the development of children. No child grows up in isolation, and the constraints and biases that adults provide when inter-acting with them have a large influence on the course of development.³⁵

Die soziale Interaktion fungiert hier als Entwicklungsantrieb,³⁶ durch welchen der Roboter eine Weiterentwicklung erfahren kann. Darüber hinaus erhält die soziale Interaktion die

³⁴ Rodney Brooks, „Prospects for human level intelligence for humanoid robots“, in *Proceedings of the First International Symposium on Humanoid Robots* (HURO-96, 1996), S. 19.

³⁵ Cynthia B. Ferrell und Charles C. Kemp, „An Ontogenetic Perspective to Scaling Sensorimotor Intelligence“, in *Embodied Cognition and Action: Papers from the 1996 AAAI Fall Symposium*, AAAI (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts: Press, 1996), S. 5.

³⁶ Die Autoren verwenden, um die Entwicklung durch soziale Interaktion zu beschreiben, das englische Wort „bootstrapping“. Der Begriff wird in der Informatik verwendet und kommt von „booten“, was so viel heißt wie hochladen oder hochfahren.

funktionale Komponente, die es dem Roboter ermöglicht, durch die Interaktion und Nachahmung menschliche Kommunikationstechniken zu erlernen.

Building social skills into an artificial intelligence provides not only a natural means of human-machine interaction but also a mechanism for bootstrapping more complex behavior.³⁷

Roboter als sich entwickelnde Modelle

Cynthia Breazeal, zu dieser Zeit Doktorandin am MIT im Team von Rodney Brooks, widmet sich ausgehend von den erarbeiteten Ansätzen im Rahmen ihrer Doktorarbeit einem weiteren Roboter, *Kismet*. Sie adressiert hier konkretere Designthematiken, um humanoide Roboter zu entwickeln, die mit Menschen auf soziale Weise interagieren können.

As robots take on an increasingly ubiquitous role in society, they must be easy for the average citizen to use and interact with. They must also appeal to persons of different age, gender, income, education, and so forth. This raises the important question of how to properly interface untrained humans with these sophisticated technologies in a manner that is intuitive, efficient, and enjoyable to use.³⁸

Kismet ist dazu in der Lage, einige Gesichtsausdrücke zu imitieren und so Wut, Müdigkeit, Angst, Ekel, Aufregung, Freude, Interesse, Trauer oder Erstaunen zu simulieren. Breazeal verfolgt ebenfalls den Ansatz, dass über die fesselnde Aufmerksamkeit der Roboter sein Gegenüber unwissentlich in eine Form der Interaktion ziehe, die eine zentrale Rolle in der kognitiven Entwicklung spielt. Doch betont sie die Rolle der Wechselbeziehung für die Interaktion zwischen dem Menschen und dem Roboter stärker als Brooks. Es geht ihr nicht allein darum, über soziale Interaktion, der Maschine kognitive Entwicklung zu ermöglichen.

Socially intelligent robots provide both a natural human-machine interface and a mechanism for bootstrapping more complex behaviour.³⁹

Der „socially intelligent robot“ bietet dem Menschen durch seine Interaktionsweise eine „natürliche“ Kontaktfläche, so dass der Mensch mit ihm intuitiv kommunizieren kann:

³⁷ Rodney Brooks et al., „Alternative Essences of Intelligence“ (AAAI Press, 1998), S. 965.

³⁸ Breazeal, „Sociable Machines: Expressive Social Exchange Between Humans and Robots“, S. 17.

³⁹ Cynthia L. Breazeal und Brian Scassellati, „A Context-Dependent Attention System for a Social Robot“, in *Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI '99* (San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999), S. 1146.

durch kleine Gesten, wie beispielsweise den Blick auf ein Objekt, der eine Aktion einleitet. Der Blick in die Augen des Menschen ist dabei zentral. Körperliche Aufforderungen, wie eine Kopfbewegung oder ein Gesichtsausdruck sind Hinweise und Zeichen, die Menschen nutzen und verstehen, um nonverbal zu kommunizieren. Diese Fähigkeit zur geteilten Aufmerksamkeit verstärkt das Gefühl der Interaktion mit einem empfindungsfähigen Wesen. Im sozialen Roboter sieht Breazeal den nützlichen Partner, der durch Zusammenarbeit eine lohnende und langfristige Rolle im Leben des Menschen spielen kann.⁴⁰

Die soziale Interaktion verschiebt sich von der Perspektive der Sensorik und kognitiven Lernkonzepten zur Mensch-Maschine-Schnittstelle und der erste Schritt zu den Social Robots ist mit Breazeals Forschung gemacht.

Fazit

Das Jahr 2000 steht in der Prognose von Kahn und Wiener für zweckdienliche Roboter, die für uns arbeiten und vor allem praktisch sind – für gefühllose und stumpfe Maschinen. Entgegen den Prognosen steht die Jahrtausendwende jedoch für eine Ära der Roboter als kommunizierende Wesen. Der Roboter-Sklave wurde zum Roboter-Partner. Im folgenden Zitat sieht man deutlich, wie sich um die Jahrtausendwende das Denken über Roboter verändert hat:

Socially interactive robots operate as partners, peers or assistants, which means that they need to exhibit a certain degree of adaptability and flexibility to drive to interaction with a wide range of humans. Socially interactive robots can have different shapes and functions, ranging from robots whose sole purpose and only task is to engage people in social interactions (Kismet, Cog, etc.) to robots that are engineered to adhere to social norms in order to fulfill a range of tasks in human-inhabited environments (Pearl, Sage, etc.).⁴¹

Die Ursprünge der *Human-Robot-Interaction (HRI)* wie auch *Socially Assistive Robotics (SAR)* gehen unter anderem auf die Forschung am CSAIL des MIT zurück und haben sich beide um die Jahrtausendwende als neue Forschungsfelder herausgebildet. Eigene Journale und der Roboter-Wettbewerb *RoboCup@Home*, auf dem Roboter um die beste Einsatzmöglichkeit im privaten Haushalt konkurrieren, folgten nur wenige Jahre darauf.

⁴⁰ Vgl. Cynthia L. Breazeal et al., „Humanoid Robots as Cooperative Partners for People“, in *Journal of Humanoid Robots* 1, Nr. 2 (2004).

⁴¹ Terrence Fong, Illah Nourbakhsh, und Kerstin Dautenhahn, „A survey of socially interactive robots“, in *Robotics and Autonomous Systems*, Socially Interactive Robots, 42, Nr. 3 (31. März 2003), S. 146.

Der Wunsch nach Haushaltsrobotern ist nicht verschwunden, aber die Vision hat sich verändert: aus putzenden zweckdienlichen Haushaltsroboter-Sklaven wurden Service und Social Robots, die uns im Alltag begleiten und eine interaktive Beziehung zum Menschen eingehen sollen.⁴² In einer Gesellschaft der 1960er-Jahre stehen soziale Bedürfnisse noch nicht im Fokus. Erst die Robotik hat die Maschine an die Stelle eines Bezugspartners für den Menschen gerückt. Pat Treusch schreibt, dass aus der zeitgenössischen Robotik eine neue Klasse von Robotermodellen hervorgegangen sei. Diese neue Klasse charakterisiert sie als Roboterbegleiter für den Bürger, der uns Menschen dient und gleichzeitig wie wir ist.⁴³ Das Forschungsfeld Social Robotics und seine Diskussion über die Bedeutung sozialer Interaktion stehen demzufolge für einen „Wiedereintritt des Prinzips der Ähnlichkeit zwischen menschlichem und robotischem Verhalten“.⁴⁴

Lisa Schröter B.A., studiert an der Technischen Universität Berlin Geschichte und Kultur der Wissenschaft und Technik. In ihrer Masterarbeit befasst sie sich mit dem Einfluss der Entwicklungspsychologie auf die Robotik in den 1990er-Jahren.

Literatur

- [1] Bischof, Andreas. „Soziale Maschinen bauen – Epistemische Praktiken der Sozialrobotik“. Bielefeld: Transcript – Verlag für Kommunikation, Kultur und soziale Praxis, 2017.
- [2] Breazeal, Cynthia. „Sociable Machines: Expressive Social Exchange Between Humans and Robots“. Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2000.
- [3] Breazeal, Cynthia L. „Designing Sociable Robots“. Herausgegeben von Ronald C. Arkin. Cambridge Massachusetts; London, England: MIT Press, 2002.
- [4] Breazeal, Cynthia, Andrew Brooks, Jesse Gray, Guy Hoffman, Cory Kidd, Hans Lee, Jeff Lieberman, Andrea Lockerd, und David Mulanda. „Humanoid Robots as Cooperative Partners for People“. In *Journal of Humanoid Robots* 1, Nr. 2 (2004): S. 1–34.

⁴² Weitere Beispiele für diese Roboter neben *Jibo* und *Fribo* sind zum Beispiel *Buddy* oder der *Asus Zenbo*.

⁴³ Vgl. Pat Treusch, „Robotic Companionship: The Making of Anthropomatic Kitchen Robots in Queer Feminist Technoscience Perspective“ (Linköping University, The Tema Institute, The Department of Gender Studies. Linköping University, Faculty of Arts and Sciences, 2015).

⁴⁴ Andreas Bischof, „Soziale Maschinen bauen – Epistemische Praktiken der Sozialrobotik“ (Bielefeld: Transcript – Verlag für Kommunikation, Kultur und soziale Praxis, 2017), S. 29.

- [5] Breazeal, Cynthia, und Brian Scassellati. „A Context-Dependent Attention System for a Social Robot“. In *Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1146–1153. IJCAI '99. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999.
- [6] Brooks, Rodney. „A robust layered control system for a mobile robot“. In *IEEE Journal on Robotics and Automation* 2, Nr. 1 (März 1986): S. 14–23.
- [7] Brooks, Rodney A. „A robot that walks; emergent behaviors from a carefully evolved network“. A. I. Memo 1091, Februar 1989. Brooks, Rodney A. „Elephants don't play chess“. In *Designing Autonomous Agents* 6, Nr. 1 (1. Juni 1990): S. 3–15.
- [8] Brooks, Rodney. „Behavior-based humanoid robotics“. In *Intelligent Robots and Systems '96, IROS 96, Proceedings of the 1996 IEEE/RSJ International Conference on*, 1:1–8 Bd.1, 1996.
- [9] Brooks, Rodney. „Prospects for human level intelligence for humanoid robots“. In *Proceedings of the First International Symposium on Humanoid Robots, HURO-96*, 17–24, 1996.
- [10] Brooks, Rodney. „Flesh and Machines – How robots will change us“. New York: Vintage Books, 2003.
- [11] Brooks, Rodney, Cynthia Breazeal (Ferrell), Robert Irie, Charles C. Kemp, Matthew Marjanovic, Brian Scassellati, und Matthew Williamson. „Alternative Essences of Intelligence“, 961–968. AAAI Press, 1998.
- [12] Brooks, Rodney, und Lynn Andrea Stein. „Building brains for bodies“. In *Autonomous Robots* 1, Nr. 1 (1. März 1994): S. 7–25.
- [13] CNN. „Making the world's first family robot“, Fareed Zakaria, GPS, 6. September 2016. <http://edition.cnn.com/videos/tv/2016/09/06/exp-gps-breazeal-clip-jibo.cnn>.
- [14] „Cynthia Breazeal Media MIT“. Biography, 2017. <http://cynthiabreazeal.media.mit.edu/bio/>.
- [15] Ernst, Heinrich Arnold. „MH-1, a Computer-Operated Mechanical Hand“. Department: Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Electrical Engineering, 1962.

- [16] Ferrell, Cynthia B., und Charles C. Kemp. „An Ontogenetic Perspective to Scaling Sensorimotor Intelligence“. In *Embodied Cognition and Action: Papers from the 1996 AAAI Fall Symposium*, AAAI. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts: Press, 1996.
- [17] Fong, Terrence, Illah Nourbakhsh, und Kerstin Dautenhahn. „A survey of socially interactive robots“. *Robotics and Autonomous Systems, Socially Interactive Robots*, 42, Nr. 3 (31. März 2003): S. 143–66.
- [18] Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung. „Care-O-bot 4“. Zugegriffen 5. Juli 2018. <https://www.care-o-bot.de/de/care-o-bot-4.html>.
- [19] IFR International Federation of Robotics. „World Robotics Service Robots“. *World Robotics Report*, Frankfurt, Germany, 2016.
- [20] IFR International Federation of Robotics. „IFR International Federation of Robotics“, 2017. <https://ifr.org/>.
- [21] Indiegog“. „JIBO, The World’s First Social Robot for the Home“, 2014. <https://www.indiegogo.com/projects/jibo-the-world-s-first-social-robot-for-the-home>.
- [22] „Interaction Lab“. Zugegriffen 5. Juli 2018. <http://robotics.usc.edu/interaction/>.
- [23] „Jibo“, September 2017. <https://www.jibo.com/>.
- [24] Kahn, Herman, und Anthony J. Wiener. „Ihr werdet es erleben – Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahr 2000“. Wien–München–Zürich: Verlag Fritz Molden, 1968.
- [25] Leis, Miriam J. S. „Robots – our future partners?“ Marburg: Tectum Verlag, 2006.
- [26] McCarthy, J., L. D. Earnest, D. R. Reddy, und P. J. Vicens. „A Computer with Hands, Eyes, and Ears“. In *Proceedings of the Joint Computer Conference*, 329–338. AFIPS ’68 (Fall, Part I). New York, NY, USA: ACM, 1968.
- [27] Moravec, Hans. „Mind Children The Future of Robot and Human Intelligence“. Cambridge Massachusetts; London, England: Harvard University Press, 1988.
- [28] Nocks, Lisa. „The Robot – The Life Story of a Technology“. Westport, Connecticut; London: Greenwood Technographies, 2007.
- [29] „Personal Robot Group“. Home, 2015. <http://robotic.media.mit.edu/>.
- [30] Thring, Meredith W. „The Domestic Revolution“. In *Journal of the Royal Society of Arts* 111 (Juni 1963): S. 556–72.

- [31] Treusch, Pat. „Robotic Companionship: The Making of Anthropomatic Kitchen Robots in Queer Feminist Technoscience Perspective“. Linköping University, The Tema Institute, The Department of Gender Studies. Linköping University, Faculty of Arts and Sciences., 2015.
- [32] Weber, Jutta, und Corinna Bath. „,Social‘ Robots & ,Emotional‘ Software Agents: Gendering Processes and De-Gendering Strategies for ,Technologies in the Making““. In *Gender Designs IT: Construction and Deconstruction of Information Society Technology*, herausgegeben von Isabel Zorn, Susanne Maass, Els Rommes, Carola Schirmer, und Heidi Schelhowe, 53–63. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2007.
- [33] Wegner, Peter. „Why Interaction is More Powerful Than Algorithms“. In *Commun. ACM* 40, Nr. 5 (Mai 1997): S. 80–91.