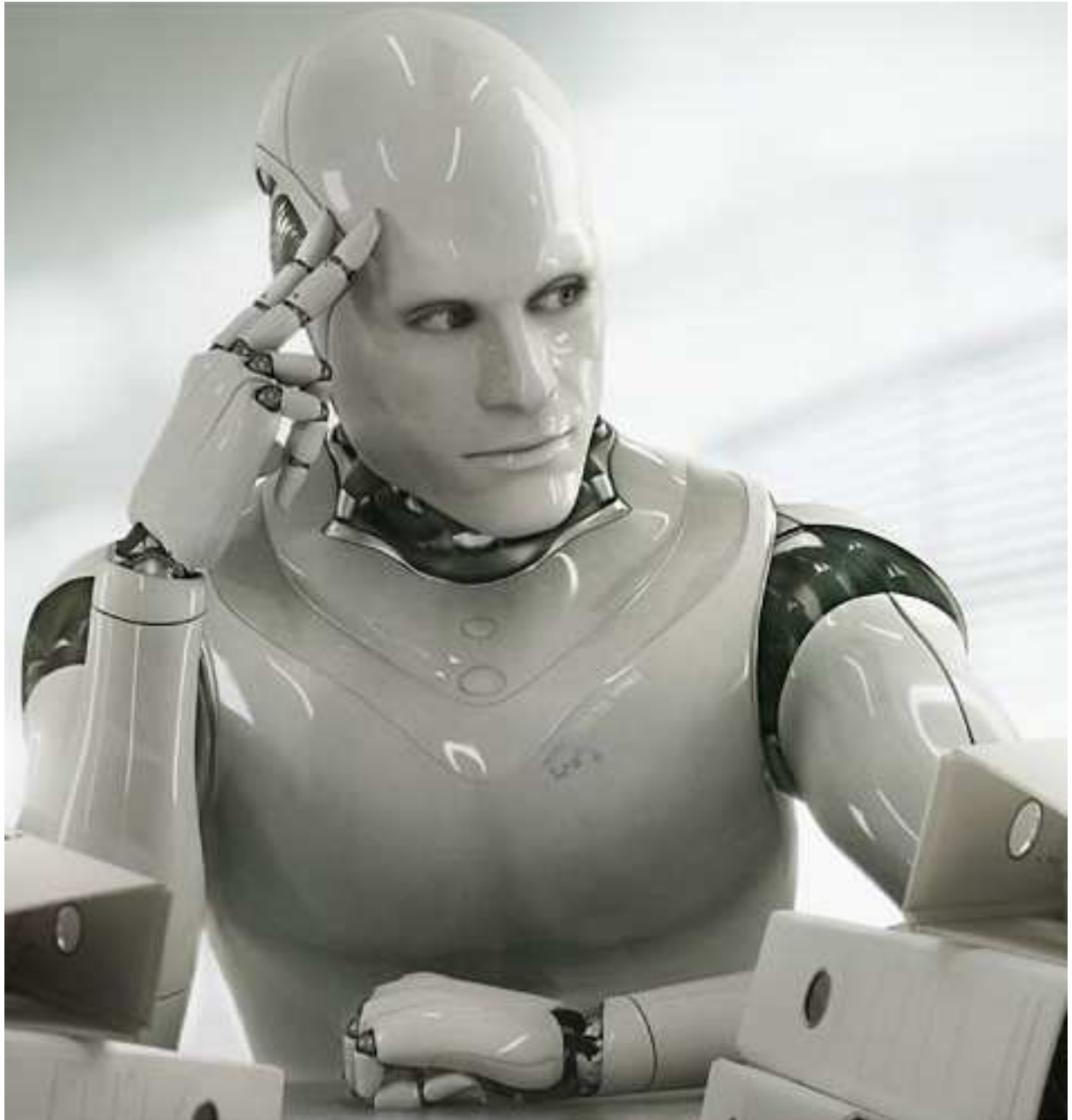


Robotik und Ethik



Robotik und Ethik

Diplomarbeit

vorgelegt von

Hardy Krüger

geboren am 11.01.1976

Matrikelnummer: 6896

Fachhochschule Potsdam
Informationswissenschaften/
Bibliothek

SoSe/WiSe 2009

Erstprüfer: Prof. Dr. habil. Ralf-Dirk Hennings

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Uwe Schulze

**„Loka Samasta
Sukhino Bhavantu“**

„Mögen alle Wesen in allen Welten glücklich sein.“
- Mantra aus den Rigvedasamhita -

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Begriffserklärung
3. Von der Entwicklung raffinierter Tüfteleien bis zu den heutigen Robotern
 - 3.1 Die Geschichte der Automaten: Der Weg zum Roboter
 - 3.2 Geschichte der Roboter
4. Die Robotertechnik im frühen 21. Jahrhundert
 - 4.1 Roboter im zivilen Bereich
 - 4.1.1 Industrieroboter
 - 4.1.2 Roboter in der Medizin
 - 4.1.3 Robotergesteuerte Hilfe in der medizinischen Betreuung
 - 4.1.4 Haushaltsroboter
 - 4.1.5 Roboter Diverses
 - 4.1.6 Humanoide Roboter
 - 4.1.7 Roboter und Raumfahrt
 - 4.1.8 Roboter im Katastrophenschutz
 - 4.2 Roboter im militärischen Bereich
 - 4.2.1 Militärroboter zu Land

4.2.2 Militärroboter zur See

4.2.3 Militärroboter zur Luft

5. Umgang mit Robotern in der Gesellschaft
6. Verantwortung im Umgang mit der Robotik - Ethische Grenzen
7. Humanoide Wesen und Roboter in der Literatur
 - 7.1 Roboter im Film
8. Resümee und Ausblick

Literaturverzeichnis

Zeitschriften und Magazine

Internetquellen

Nachweis der Abbildungsquellen

Anhang

- Umfrage zum Thema „Roboter im Pflegebereich“

Eidesstattliche Erklärung

1. Einleitung

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die Entwicklung der Robotik aufzuzeigen, ausgehend von der Gegenwart, die Probleme mit den ethischen Grundsätzen herauszustellen und einen möglichen Umgang mit dieser Problematik in der Zukunft vorwegzunehmen.

Im *Kapitel drei* erfolgt ein geschichtlicher Abriss der frühesten Entwicklung von raffinierten Tüfteleien wie die Wasseruhr von Ktesibios (3.Jh. v. Chr.) bis hin zu humanoiden Hightech Robotern wie ASIMO.

Das *Kapitel vier* soll ein Überblick über den aktuellen Stand der Industrie-, Serviceroboter und Roboter im Militärbereich geben.

Kapitel fünf beschäftigt sich mit dem Umgang der Robotertechnik in der Gesellschaft und den möglichen Folgen für den Alltag. Es wird auf Japans Affirmität zu Robotik eingegangen.

In *Kapitel sechs* werden die ethischen Grenzen und mögliche Gefahren einer unkontrollierten Entwicklung der Forschung in der Robotik, gerade im Bezug auf das Militär aufgezeigt. Gehen die ethischen Grundsätze konform im Hinblick auf Nanotechnologie, Genforschung, künstlicher Intelligenz und Robotik, um nur einige der zukunftsweisenden Forschungsstränge des 21. Jahrhundert zu nennen?

Außerdem wird ausgearbeitet welche Rolle und Verantwortung dem Individuum in dieser progressiven, technologischen Gesellschaft zukommt.

Das *siebte Kapitel* behandelt das Thema der Roboter in der Literatur und geht auf die Ursprünge der Idee zurück. Darauf folgt eine Chronologie des Themas Roboter im Medium Film.

Das *achte Kapitel* versteht sich als Zusammenfassung und Fazit, eine Analyse der behandelten Kapitel und soll einen kleinen Ausblick auf die mögliche, zukünftige Entwicklung liefern.

2. Begriffserklärung

Der Ursprung des Wortes *Roboter* stammt vom slawischen Wort „robota“, was soviel wie „Arbeit“ bedeutet. Der Terminus „Roboter“ wurde erstmalig in dem tschechischen Bühnenstück „R.U.R. - Rossum's Universal Robots“ vom Schriftsteller Karl Čapek um 1920 genutzt.¹ Die Uraufführung fand 1921 in New York statt und handelte von Maschinen die schwere Fließbandarbeit verrichten und sich erheben um die Macht über die Menschen zu ergreifen. Bald darauf gelangte der Ausdruck in die Alltagssprache.²



Abb.1: Rossum's Universal Robots Plakat

1942 stellte der amerikanische Biochemiker und Sachbuchautor Isaac Asimov (1920-1992) die drei Robotergesetze auf, die in seinen Science Fiction Romanen die vorprogrammierten Richtlinien für Roboter darstellten. Er war auch der erste, der den Begriff „Robotik“ in seinen Romanen nutzte und den Begriff damit prägte.

„Die drei Robotergesetze:

1. Ein Robot darf keinen Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zu Schaden kommen lassen.

¹ Vgl. Brillowski, Klaus 2004: Einführung in die Robotik, Aachen: Shaker Verlag GmbH, S.5

² Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.40-42

2. Ein Robot muß den Befehlen eines Menschen gehorchen, es sei denn, solche Befehle stehen im Widerspruch zum Ersten Gesetz.
3. Ein Robot muß seine eigene Existenz schützen, solange dieser Schutz nicht dem Ersten oder Zweiten Gesetz widerspricht.“³

Unter dem Begriff *Robotik* versteht man die Einbindung verschiedenster Wissensgebiete wie z.B. der Informatik, dort besonders der Bereich der künstlichen Intelligenz, der Elektrotechnik und des Maschinenbaus im Kontext eines automatisierten Gerätes. Die Robotik will durch optimale Programmierung die Zusammenarbeit der Roboter Elektronik mit Robotermechanik perfektionieren.

Roboter werden heute als Werkzeuge des Menschen angesehen, die, als programmierbare Hilfen geschaffen, die Verrichtung schwerer oder gefährlicher Arbeiten für den Menschen erleichtern sollen. Eine Definition, die in wissenschaftlichen Kreisen genutzt wird, lautet:

„Roboter sind sensomotorische Maschinen zur Erweiterung der menschlichen Handlungsfähigkeit. Sie bestehen aus mechatronischen Komponenten, Sensoren und rechnerbasierten Kontroll- und Steuerfunktionen. Die Komplexität eines Roboters unterscheidet sich deutlich von der anderer Maschinen, durch die größere Anzahl von Freiheitsgraden und die Vielfalt und den Umfang seiner Verhaltensformen.“⁴

Roboter die vom Aufbau Ähnlichkeiten mit Menschen haben, werden humanoide Roboter oder auch Androiden genannt.

Der Begriff *Automat* wurde von Karl Čapeks Bruder, Josef Čapek schon 1917 verwendet. Abgeleitet wird das Wort aber vom

³ Asimov, Isaac 2007: Alle Roboter-Geschichten, Bergisch Gladbach: Bastei Lübbe, S.6

⁴ Christaller, Thomas u. a. 2001: Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft. In: Carl Friedrich Gethmann (Hrsg.): Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung, Bd. 14. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S.19

griechischen *automatos*, was so viel bedeutet wie „sich selbst bewegend“.⁵

Unter den Begriff „Automat“ versteht man ein Gerät das nach einem Auslöseimpuls einer vorgefertigten Mechanik Prozesse ablaufen lässt. Ein einfaches Beispiel sind Toilettenspülung, ein Getränkeautomat oder auch das Automatikgetriebe in Kraftfahrzeugen. Beispiele für bekannte Vollautomaten sind Wasch- oder Kaffeemaschinen. Halbautomaten sind Maschinen, die auf einer nur teilweisen Unterstützung des menschlichen Benutzers durch Automatisierung beruhen. Das bekannteste Beispiel ist das halbautomatische Gewehr. Aus den Automaten entwickelten sich dann zunehmend Industrieroboter und Roboter. In den VDI-Richtlinien (VDI = Verein Deutscher Ingenieure), werden Industrieroboter wie folgt definiert:

„Industrieroboter sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegung hinsichtlich Bewegungsfolge und -wegen bzw. -Winkel frei programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln (allgemein ein Effektor) ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen“.⁶

Immer näher in den Focus der Betrachtung gerät die *Nanotechnologie*, welche sich damit beschäftigt, Werkstoffe im Nanometerbereich zu manipulieren. Nanotechnologie versucht im Grunde neuartige Materialien zu erschaffen auf Basis der physikalischen Eigenschaften von Teilchen minimalster Größe (Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter: 10^{-9} m).

Unter *Nanoroboter* versteht man die Entwicklung kleinster Roboter, die autonom agieren und in der Medizin jetzt schon eine Rolle spielen.

⁵ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: *Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung*, München: Knesebek, S.11

⁶ Brillowski, Klaus 2004: *Einführung in die Robotik*, Aachen: Shaker Verlag GmbH, S.5

Ihnen wird in der Zukunft eine ernstzunehmende Verantwortung zugesprochen. Denkbar sind Anwendungen, bei denen diese Nanobots in einen Körper injiziert werden und Krankheitsherde lokalisieren und dann diese innerhalb des Körpers behandeln können.⁷

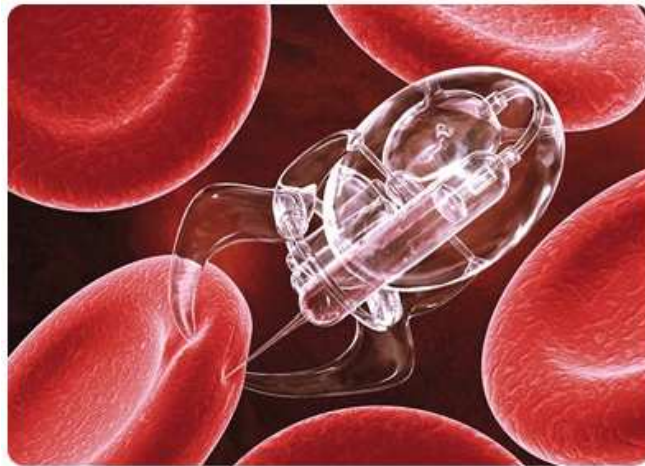


Abb. 2: Nanoroboter in Blutbahn (Fiktion)

Unter dem Wort *Kybernetik* versteht man die „Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine“⁸. Das Wort selbst wurde vom amerikanischen Mathematiker Norbert Wiener (1894-1964) um 1947 vom griechischen „Kybernetes“ abgeleitet, was Navigator oder Steuermann bedeutet.⁹

In der Medizin werden z.B. bei beschädigten Augen, Armen oder anderen Körperteilen diese durch künstliche Implantate substituiert, welche dann mit den ursprünglichen Informationskanälen/Nervenbahnen verbunden werden. Diese Technologie befindet sich noch im Reifeprozess.

⁷ Vgl. Gifford, Clive ; Brightling, Geoff u. a. 1999: Roboter : Konstruktion, Funktion, Perspektiven, Hildesheim : Gerstenberg

⁸ Vgl. von Foerster, Heinz ; Schmidt, Siegfried J. [Hrsg.] 1996: Wissen und Gewissen : Versuch einer Brücke, Frankfurt am Main : Suhrkamp, S. 72

⁹ Vgl. <http://www.htwk-leipzig.de/de/hochschule/ueber-die-htwk-leipzig/persoenlichkeiten/norbert-wiener/>

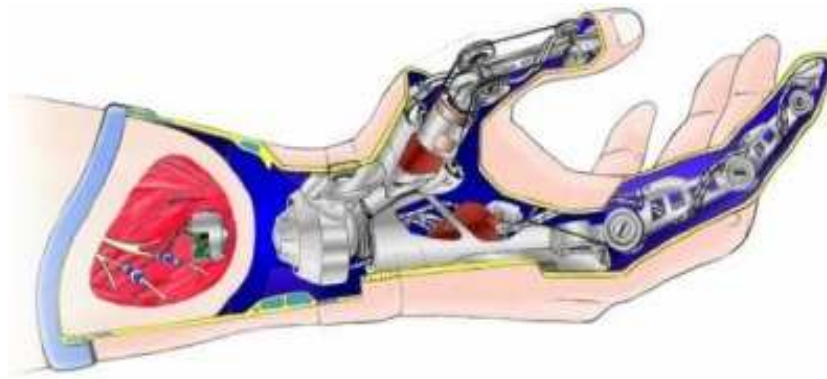


Abb. 3: Kybernetik – Cyberhand (Fiktion)

„Die Medizinische Kybernetik umfasst ein in Entstehung befindliches postgenomisches Arbeitsprogramm für die Anwendung systemtheoretischer, nachrichtentheoretischer, konnektionistischer und entscheidungsanalytischer Konzepte für biomedizinische Forschung und klinische Medizin“.¹⁰

In Zukunft sollen Implantate im Kopf oder Körper eingesetzt werden, die nicht mehr nur noch der Behandlung von Defiziten dienen, sondern bestimmte Fähigkeiten verbessern sollen.

Das Wort *Cyborg* ist eine Abkürzung für *cybernetic organism*, zu deutsch: kybernetischer Organismus. Darunter versteht man die Vermischung von Mensch und Maschine. Unter einem Cyborg versteht man einen lebenden Organismus, dem elektronische Bauteile implantiert sind, um eine signifikante Verbesserung der Fähigkeiten zu erzielen oder sogar neue Fähigkeiten zu erlangen.¹¹

Unter *Bionik* versteht man die Entschlüsselung von Techniken und Mechanismen, die lebende Wesen in der Natur nutzen. Manche Tiere können z.B. an Wänden hochklettern oder Netze spinnen oder haben ähnliche Fähigkeiten, die man sich zunutze machen will. Mit der Bionik wird versucht, die Fähigkeiten und Strukturen lebender Wesen,

¹⁰ <http://www.medizinische-kybernetik.de/definition.html>

¹¹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: *Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung*, München: Kneesebek, S.494, S.504-505

welche durch evolutionäre Prozesse verbessert wurden, zu erforschen und nutzbar für menschliche Systeme zu machen. Im Deutschen wird das Wort Bionik aus Biologie und Technik zusammengesetzt. In dieser Verschmelzung der Wörter geht schon der Grundgedanke hervor: ein systematisches Lernen von der Natur um für technische Anwendungen zu nutzen.¹²

Der Begriff *Mechatronik* ist ursprünglich auf die Feinmechanik zurückzuführen. Er wurde 1969 von der japanischen Firma Yaskawa Electric Corporation geprägt. Die Mechatronik setzt sich aus folgenden Disziplinen zusammen: Elektromechanik, die Feinwerktechnik, die Mikrosystemtechnik und die Adaptronik. Eine Definition lautet: „Mechatronik ist ein interdisziplinäres Gebiet der Ingenieurwissenschaft, das auf den klassischen Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik aufbaut“.^{13 14}

Die Mechatronik ist entscheidend für den Bau leistungsfähiger Robotersysteme.

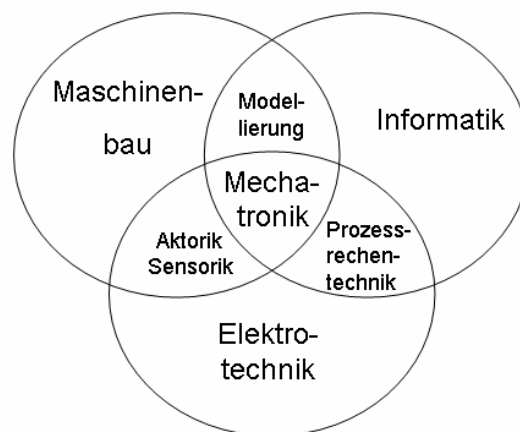


Abb. 4: Mechatronik, Schnittstelle verschiedenster Wissensbereiche

¹² Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Kneesebek, S.494, 496

¹³ Zacher, Serge 2000: Automatisierungstechnik kompakt : theoretische Grundlagen, Entwurfsmethoden, Anwendungen, Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, S.270

¹⁴ Vgl. Zacher, Serge 2000: Automatisierungstechnik kompakt : theoretische Grundlagen, Entwurfsmethoden, Anwendungen, Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, S.269-270

Unter *Künstliche Intelligenz* (KI) versteht man den „Sammelbegriff für Methoden/Verfahren aus Informatik und Kognitionswissenschaften, u.a. mit dem Ziel der (teilweisen) Nachbildung menschlicher Intelligenzleistungen (Sprach- und Bildverstehen, Planung, Schlussfolgerung,...) durch Rechenautomaten.“¹⁵

Auf den Punkt gebracht: KI ist ein „Teilgebiet der Informatik, welches versucht, menschliche Vorgehensweisen der Problemlösungen auf Computer nachzubilden, um auf diesem Wege neue oder effizientere Aufgabenlösungen zu erreichen.“¹⁶

Ohne das Vorankommen im Bereich der KI würden moderne humanoide Roboter heute nicht in Lage sein, so autonom agieren zu können.

Der Begriff *Ethik* ist vom griechischen „Ethos“ abgeleitet, was soviel wie Sitte, Gewohnheit, Brauch, Charakter bedeutet. Die Ethik ist eine der Grunddisziplinen der (praktischen) Philosophie (Moralphilosophie) und befasst sich mit dem menschlichen Handeln auch in Bezug auf das Allgemeinwohl der Gesellschaft.¹⁷

Die Ethik legt Kriterien für gutes und schlechtes Handeln in spezifischen Lebensbereichen fest und baut auf das Prinzip der Vernunft.

¹⁵ Knoll, Alois ; Christaller, Thomas 2003: Robotik, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl. S.123

¹⁶ Lämmel, Uwe ; Cleve, Jürgen 2008: Künstliche Intelligenz, München : Hanser, S.14

¹⁷ Vgl. Ulfing, Alexander 2003: Lexikon der philosophischen Begriffe, Köln : Komet, S. 117

3. Von der Entwicklung raffinierter Tüfteleien bis zu den heutigen Robotern

Die Geschichte der Automaten und Roboter reicht weit zurück und ist intentional vorwiegend mit einer Erleichterung des Lebens durch Verrichten von manuellen und geistigen Tätigkeiten verknüpft. Mit dem damit zwangsläufig, verbundenen Zuwachs des Wissens und der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge kann die Geschichte der Robotik auch als eine Triebfeder der Forschung und Naturwissenschaft angesehen werden. Die Zeit der alten Griechen stellt eine Zäsur in Hinblick auf die Entwicklung von Wissenschaft und Technik, aber auch der Philosophie dar und ist als hellenistische Hochkultur in die Geschichtsbücher eingegangen.

3.1 Die Geschichte der Automaten: Der Weg zum Roboter

- *Ca. 5000 v. Chr.* nutzten die Menschen im fernen Osten eine Art Rechenhilfe: den „Abakus“. Über, in eine Platte eingeritzte Linien verschob man Steine, denen Werte zugeordnet waren, um Summen zu berechnen.
- Später (*ca. 1000 v. Chr.*) entwickelte sich der in einen Rahmen gefasste Abakus, in welchem Steine oder Bohnen aufgehängt waren. Dieses Modell entspricht den heute bekannten Abakusmodellen (Rechenschieber), die die meisten Menschen kennen. Diese ersten Versuche mit Zahlen systematisch umgehen zu können, zählen zu den Grundlagen der Mathematik, welche wiederum unentbehrlich für den Bau moderner Roboter ist.¹⁸

¹⁸ Vgl. <http://www.roboexotica.org/de/timeline/index.html>

- *Ca. 800 v. Chr.* nutzen im alten Ägypten findige Priester zwecks Ihrer Machterhaltung, bewegliche Masken, um ihre Position dem Volk und ihrem Herrscher gegenüber zu verteidigen und zu untermauern. Diesen beweglichen Masken lag das technische Verständnis einfachster mechanischer Prinzipien zu Grunde.
- *380 v. Chr.* fand man die ersten wirklich fachmännisch gebauten Automaten, die geschichtlich belegbar sind. Große Denker der Hellenistischen Kultur (336-30 v. Chr.) sollen daran mitgewirkt haben; als Beispiele zu nennen seien Heron von Alexandria, Pythagoras von Samos und Euklid von Alexandria, sowie Archimedes von Syrakus. Gerade die Stadt Alexandria nahm in dieser Epoche eine Schlüsselrolle ein, dort wurde unter anderem das Wissen um die Mechanik und deren Zusammenhänge mit hydraulischen Vorgängen erforscht. Das Besondere an dieser Schule war, dass die Erkenntnisse nicht geheim gehalten, sondern allen Studenten und Gelehrten zugänglich gemacht wurden. So entstand eine ganze Reihe von Entwürfen und viele Apparaturen, die alle zu den Vorläufern der Automaten zählen:
Tempeltore, die sich von selbst öffneten mit Hilfe von Feuerstellen, die Wasser in Behältern zum Verdampfen brachten (siehe Abb. 6) oder die Arme einer Statue, die sich bewegen konnten, sowie die Gestalt der Göttin Artemis, aus deren Brüsten man Milch fließen ließ.

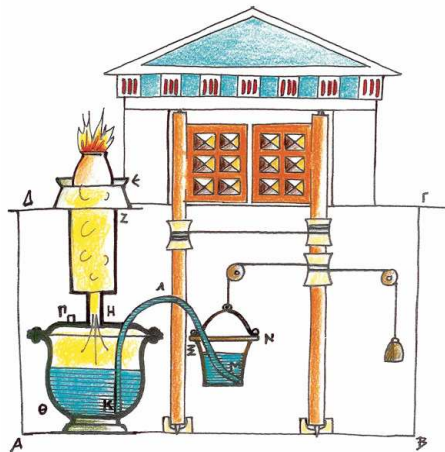


Abb. 5: Automatisch öffnende Tempeltüren

Eine weitere Errungenschaft war die „Hydraulik von Heron“, eine Orgel die mit einem raffinierten System von fließendem Wasser, Ventilen, Pumpen, Gewichten und Kolben funktionierte und, unter anderem am römischen Hof, weit verbreitet und sehr beliebt war.

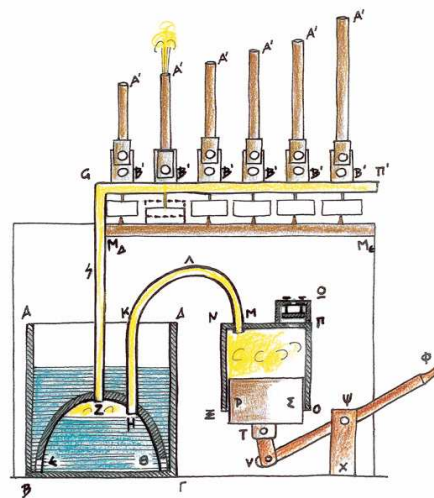


Abb. 6: Hydraulik von Heron

Zu jener Zeit entstand auch der erste Mechanismus zur Spülung des Aborts auf dem die Technik der modernen Toilettenspülungen basiert.

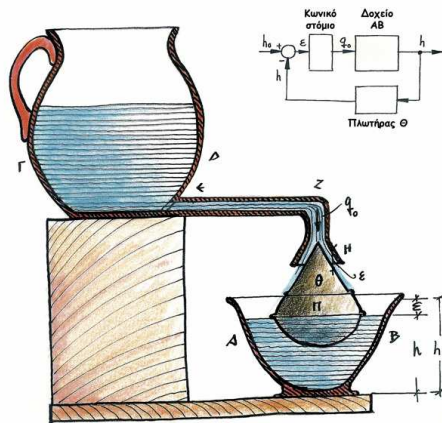


Abb. 7: Hydraulis von Heron

Das Wissen um die Eigenschaften von Wasser, Vakuum und Luftdruck in Kombination mit den vorhandenen Werkzeugen wie Schrauben, Keil und Hebel machten diese Arten der Maschinen möglich.

- *Um 270 v. Chr.* entstand ein Zeitmessinstrument, die Wasseruhr von Ktesibios, die so genannte „Klepsydra“. Ein Versuch, den Tagesrhythmus zeitlich festzuhalten und damit jede Tages- und Nachtzeit genau bestimmen zu können. Auf Ktesibios geht auch die Lehre der Hydraulik und Pneumatik zurück die wiederum ihren Ursprung bei Archimedes haben soll.

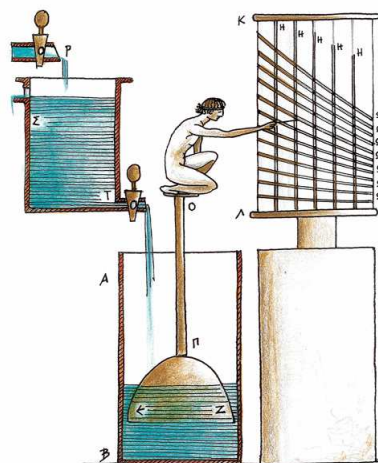


Abb. 8: Die Wasseruhr von Ktesibios

- *140 - 87 v. Chr.* soll im Auftrag des chinesischen Kaisers Wudi ein Palast zu einem Theater mit Kulissenmaschinerie umgebaut worden sein, in denen sagenhafte Aufführungen möglich waren. Weitere Modelle folgten, welche sogar in der Lage waren, mit einer 360°-Drehung ein Sonnenjahr zu beschreiben.¹⁹
- *Auf etwa 87 v. Chr.* wird eines der bedeutendsten Artefakte der Antike datiert. Ein Automat (Mechanismus von Antikythera), der in der Lage war, den Stand von Sonne, Mond und Planeten durch Eingabe von Daten mechanisch zu berechnen. Damit war die erste Maschine geschaffen, die durch externe Dateneingabe Informationen verarbeiten konnte. Diese Maschine wird der Schule des Posidonius auf dem heutigen Rhodos zugeschrieben.²⁰



Abb. 9: Mechanismus von Antikythera

- *Ungefähr 85 n. Chr.* schrieb Heron von Alexandria, der wohl wichtigste griechische Ingenieur, mehrere Werke mit gesammeltem Wissen zum Thema Automaten, Pneumatik und

¹⁹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.12

²⁰ Vgl. <http://www2.informatik.hu-berlin.de/ki/lehre/ws0304/kogrob/Geschichte%20der%20Roboter.ppt.pdf>

Mechanik. Dieses Wissen wird auf Ktesibios zurückgeführt. In diesen Büchern erklärte er die mechanischen „Wunder der Antike“ und macht sie allen Wissenschaftlern zugänglich. Heron entwickelte sogar eine Art Dampfmaschine, deren Entwürfe später Grundlage für die Entwicklung der Dampfmaschinen im 18. Jahrhundert waren.

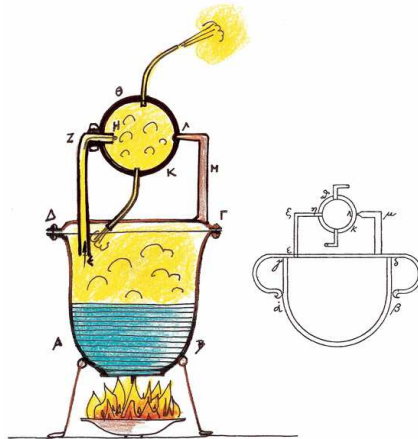


Abb. 10: Ölsball (nach Heron)

- *Im 9. Jh. n. Chr.* sammelten die Schreiber des Kalifen Abdullah al-Manun von Bagdad gezielt das Wissen, welches die Griechen über die Jahrhunderte erworben hatten und veröffentlichten sie in einem Buch, dem „Kitab al-Hiyal“. Diese umfangreiche Sammlung²¹ wurde auch das „Buch der raffinierten Geräte“ genannt. Mit Hilfe der so überlieferten Informationen gelang es den Arabern viele weitere Automaten zu entwickeln, vor allem im Sanitärbereich oder beim Bau großer Uhren und Glockenspiele mit beweglichen Figuren.
- *1200 n. Chr.* wurde von den Arabern ein sich selbst füllendes Waschbecken entwickelt.²² Während der Kreuzzüge (zw. 1096-1291) fand ein reger Wissenstransfer zwischen Arabien und Europa statt.²³

²¹ Beschreibt mehr als 100 Automaten

²² Vgl. <http://www2.informatik.hu-berlin.de/ki/lehre/ws0304/kogrob/Geschichte%20der%20Roboter.ppt.pdf>

²³ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.14

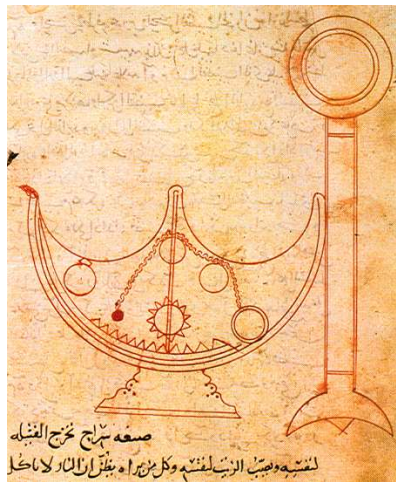


Abb.11: Banū Mūsā

- 1497 entwickelt Leonardo da Vinci die Turmuhr an der Piazza San Marco in Venedig²⁴, in dieser Zeit (Renaissance) entstanden viele hydraulische Automaten²⁵.
Leonardo da Vinci gilt als Universalgenie, unter heutigen Gesichtspunkten war u. a. Maler, Bildhauer, Architekt, Mechaniker, Ingenieur, er hatte große Fachkenntnisse in Anatomie und wurde auch als Naturphilosoph geachtet. Er soll sogar versucht haben menschenähnliche Automaten zu konstruieren. Doch die Macht der katholischen Kirche war zu dieser Zeit so groß, dass DaVinci alle Hinweise auf die Existenz seiner Ideen vernichte, da er sonst der Ketzerei angeklagt und verbrannt worden wäre.
- 1738 fertigte der begnadete Automatenkonstrukteur Jacques de Vaucanson (1709-1782), gefördert vom König Ludwig XV²⁶, einen künstlichen Querflötenspieler der durch Nachbildung eines Mundes in der Lage war jedes Blasinstrument zu spielen. Jacques de Vaucanson träumte davon, künstliche Menschen zu erschaffen, was er aufgrund technischer Schwierigkeiten und der erheblichen Komplexität der menschlichen Physis nicht

²⁴ Vgl. <http://www2.informatik.hu-berlin.de/ki/lehre/ws0304/kogrob/Geschichte%20der%20Roboter.ppt.pdf>

²⁵ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.16

²⁶ Vgl. Ichbiah, a. a. O. S. 16

schaffte. Doch erstaunte er die Welt mit einer mechanischen Ente, die über den Schnabel ein Korn aufnahm und es, zu Brei verarbeitet, wieder ausschied.²⁷

- *1769*, Baron Wolfgang von Kempelen (1734-1804) präsentiert den Schachspielenden Türken. Ein Automat, bei dem eine Figur, gestaltet wie ein traditionell gekleideter Türke,²⁸ an einen Tisch Schach spielte gegen eine beliebige Person.²⁹ In der intellektuellen Elite der damaligen Zeit reifte ob der Erfolge immer mehr der Wunsch heran, künstliche Menschen zu erschaffen.
- *1774*, Pierre Jaquet-Droz und dessen Sohn Henri-Louis Jaquet-Droz, beides Schweizer Uhrmacher, bauten drei Figuren, die so menschenähnlich aussahen, dass sie in Spanien wegen Hexerei angeklagt werden sollten. Es handelte sich um drei Automaten mit fast perfekter menschlicher Gestalt: einen „Schreiber“ der mit einer Feder einen beliebigen Text mit bis zu 40 Buchstaben schreiben konnte, ein jugendliches Mädchen, welches an ein Cembalo spielend, abwechselnd auf ihre Hände und die Noten schauen konnte, sowie einen Zeichner, der in der Lage war ein kleines Bild zu malen.³⁰

²⁷ Vgl. <http://www2.informatik.hu-berlin.de/ki/lehre/ws0304/kogrob/Geschichte%20der%20Roboter.ppt.pdf>

²⁸ Unklar warum die Figur eines Türken gewählt wurde, doch wird vermutet das die historische Gefahr der Türken im Kontext zum Welt-Spiel Schach herhalten musste.

²⁹ Vgl. http://www.chess.at/geschichte/kempelen.htm#_ftnref3

³⁰ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.19



Abb. 12: Die drei Automaten von Pierre Jaquet-Droz und dessen Sohn Henri Louis

Diese Automaten besaßen einen Walzenmechanismus und waren damit programmierbar. Angetrieben wurden sie durch ein aufziehbares Uhrwerk.³¹

- *1800*: Alessandro Graf von Volta (1745-1827) erfindet die erste kontinuierlich nutzbare Stromquelle³², die „Voltasche Säule“. Durch diese außergewöhnliche Erfindung gelang es, die Erforschung der Elektrizität immens voranzutreiben und sowohl der Elektrotechnik als auch der Elektronik weitere Geheimnisse zu entlocken. Auf dem Wissen um die Voltasche Säule wurden u. a. Fortschritte in der Galvanik gemacht.³³
- *1801*: Joseph-Marie Jacquard (1752-1834) entwickelte den ersten mit Lochkarten programmierbaren Webstuhl. Dieser gilt als eine Weiterentwicklung der „Vaucansons Webmaschine“, sowie anderen Erfindungen auf dem Gebiet der Webstuhltechnik. Dieser Automat legt den Grundstein für die heute bekannten Computer und Roboter, da dieser Informationen mittels einer auswechselbaren Lochkarte automatisch umsetzte. Zum ersten Mal waren Maschine und

³¹ Vgl. <http://www2.informatik.hu-berlin.de/ki/lehre/ws0304/kogrob/Geschichte%20der%20Roboter.ppt.pdf>

³² Eine Batterie

³³ Vgl. http://www.wissen-digital.de/lexikon/Alessandro_Graf_Volta

das zu nutzende Programm voneinander unabhängig. Dieser Webstuhl war der erste, der in Massenproduktion ging und eine echte Revolution im Arbeitsalltag für menschliche Kräfte darstellte und entscheidend zur industriellen Revolution beisteuerte.³⁴



Abb. 13: Die Lochkartensteuerung der Jacquard-Maschine

- *1810*: Friedrich Kaufmann (1785-1866) entwickelt einen menschlich aussehenden Automaten, den „Trompeter“, der auf diesem Instrument auch Töne hervorbrachte.³⁵
- *1847*: George Boole (1815-1864) entwickelt die moderne mathematische Logik und war damit der Begründer dieser Wissenschaft. Alle grundlegenden Schaltungen in Computern folgen den von ihm definierten Gesetzen.³⁶
- *1890*: Nikola Tesla (1856-1943) werden unter anderem folgende Erfindungen zugeschrieben: der zweiphasige, elektrische Generator, der Tesla-Transformator und der Mehrphasen-Induktionsmotor³⁷. Tesla war unter anderem im Bereich des Elektromagnetismus ein Wissenschaftler von

³⁴ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.18

³⁵ Vgl. <http://www.deutsches-museum.de/sammlungen/ausgewaehlte-objekte/meisterwerke-ii/trompeter/>

³⁶ Vgl. <http://www.roboexotica.org/de/timeline/index.html>

³⁷ Vgl. <http://www.ebe-online.de/home/tgobmaie/tesla/polyphase.htm>

höchster Kompetenz und war auch der erste, der Fahrzeuge ferngesteuert bewegte.³⁸

- *1892:* Seward Babbit baut einen motorisierten Kran mit Greifarm.³⁹
- *1921,* Karel Capek begründet den Begriff „Roboter“, siehe auch Begriffserklärung.
- *1938:* Willard Pollard und Harold Roselund bauen eine programmierbare Farb- und Lackiermaschine.⁴⁰

Wie ein roter Faden ziehen sich solch Tüfteleien durch die Geschichte, anfangs noch zur Machterhaltung, dann zur Unterhaltung später zur Produktionssteigerung. So verlassen wir die Welt der Automaten und folgen deren Kindern: die Zeit der Roboter beginnt.

3.2 Geschichte der Roboter

- *Ab 1930* entwickelte Vannevar Bush (1890-1974) verschiedene Rechenmaschinen u. a. den Differentialanalysator. Gegen 1945 beschreibt Vannevar Bush in einem Artikel "As We May Think" das Konzept des Memex (Memory Extender) einen Art Schreibtisch der in der Lage ist Informationen zu speichern⁴¹ und miteinander in Verbindung zu bringen. Es ist der Vorgedanke zu den heute bekannten „Hyperlinks“, Verknüpfungen zu einem Thema zwischen allen vorhandenen

³⁸ Vgl. <http://www.haberthuer.com/nikolaTeslaZeittafel.htm>

³⁹ Vgl. <http://www.utm.edu/departments/engin/lemaster/Auto%20Prod%20Sys/Notes%2015.pdf>

⁴⁰ Vgl. <http://www.roboworld.net/4history/4entwicklrobooter/1elektrischeroboter.htm>

⁴¹ via Mikrofilm

Informationen, sei es in Textform, Bild oder Ton. Das Konzept Memex gilt als ein Vorläufer des Personal Computers.^{42 43}

- 1935, baut Konrad Zuse (1910-1995) den Z1 und damit den ersten Rechner, der komplett mechanisch funktionierte, frei programmierbar war und alle Komponenten eines modernen Rechners wie Leitwerk, Speicher, Mikrosequenzen, Programmsteuerung und Gleitkommaarithmetik beinhaltet. Der originale Z1 fiel im zweiten Weltkrieg einem Bombenangriff zum Opfer.^{44 45} Doch erst das Folgemodell, den Z3 (1941), darf man wirklich als „funktionsfähigen, frei programmierbaren, auf dem binären Zahlensystem (Gleitkommazahlen) und der binären Schaltungstechnik basierenden“⁴⁶ Rechner bezeichnen.

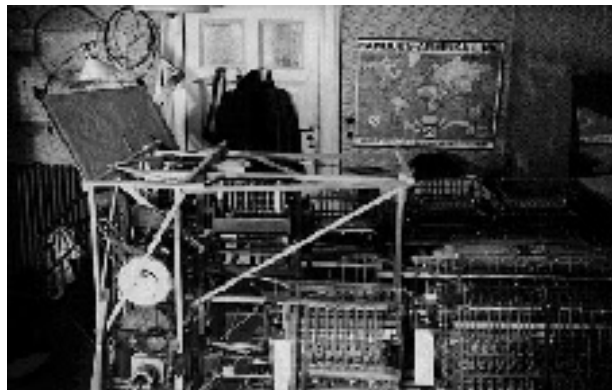


Abb. 14: Zuse Z1 Rechner

- 1936, Alan Mathison Turing (1912-1954) beschreibt in seinen Aufsatz „On Computable Numbers“ die so genannte Turingmaschine, die in der Lage sei große Mengen an Informationen zu verarbeiten wenn sie nur auf der Basis der „booleschen Systematik“⁴⁷ beruht. Dieser Aufsatz gab einen weiteren Anstoß zum Bau eines Computers, welcher 1943 bei

⁴² Vgl. http://homepages.uni-paderborn.de/winkler/bush_d.html

⁴³ Vgl. <http://www.roboexotica.org/de/timeline/index.html>

⁴⁴ Vgl. <http://www.roboexotica.org/de/timeline/index.html>

⁴⁵ Vgl. <http://www.horst-zuse.homepage.t-online.de/konrad-zuse.html>

⁴⁶ Vgl. <http://www.horst-zuse.homepage.t-online.de/z3.html>

⁴⁷ des Zahlensystems von 0 und 1

der Dechiffrierung des deutschen Verschlüsselungscode Enigma⁴⁸ hilft. 1950 entwickelte Turing den „Turingtest“ der ein Messinstrument für die „Künstliche Intelligenz“ eines Computerprogramms darstellt.⁴⁹

Der Turingtest besteht aus Gesprächen zwischen Mensch und Maschine, ohne dass der Versuchsperson bewusst ist, dass ihr Gesprächspartner ein Computer ist. Der Turingtest ist bestanden, sollte der Mensch seinen Gesprächspartner⁵⁰ für einen Menschen halten.⁵¹

- 1942, der Schriftsteller Isaac Asimov (1920-1992) schreibt die „drei Robotergesetze“⁵² in seinen Roman „Runaround“ nieder. Damit kann Asimov als der literarischen Vater der Roboter angesehen werden sowie Wegbereiter von Science-Fiction Romanen, die durch ihn eine große Popularität erreichten.^{53 54}



Abb. 15: Isaac Asimov (1920-1992)

- 1943, wird nach geheimen Plänen die Rechenmaschine „Colossus“ im Bletchley Park (United Kingdom) gebaut. Diese

⁴⁸ ist eine Rotor-Schlüsselmaschine zum verschlüsseln von Texten

⁴⁹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Kneesebek, S.26

⁵⁰ mit Gesprächspartner ist ein Rechner gemeint

⁵¹ Lämmel, Uwe ; Cleve, Jürgen 2008: Künstliche Intelligenz, München : Hanser, S.12-13

⁵² siehe in der Begriffserklärung, weiter oben in der Diplomarbeit S.3-4

⁵³ Asimov, Isaac 2007: Alle Roboter-Geschichten, Bergisch Gladbach: Bastei Lübbe, S.6

⁵⁴ Vgl. <http://www.roboexotica.org/de/timeline/index.html>

soll die deutsche Geheimchiffre knacken, die bis dahin die alliierten Armeen vor ein großes Rätsel stellten. Zwischen 1943 und 1946 wurden insgesamt 10 dieser Rechner gebaut, alle bis auf einen wurden zwecks der Geheimhaltung demontiert, nur ein Rechner in den USA blieb erhalten.⁵⁵

- *1946* wurde der erste rein elektronische digitale Universalrechner an der Universität Pennsylvania fertig gestellt. Seine Erbauer waren John Presper Eckert und John W. Mauchly. Ihr Projekt erhielt den Namen „ENIAC“ (Electronic Numerical Integrator And Computer) und bestand aus 18000 Röhren, nahm 140 m² Raum ein und wog ca. 30 Tonnen.⁵⁶

Da dieser Rechner selbst keinen Speicher für Programme besaß, wurde die „von-Neumann-Architektur“⁵⁷ als Realisierung der Turingmaschine genutzt, durch die man für den Bau von Atom- und Wasserstoffbomben notwendige, komplizierte Rechnungen ausführte. Da man die Rechengeschwindigkeit noch mehr erhöhen wollte, wurde der „EDVAC“ (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) entwickelt. Dieser war in der Lage, Instruktionen neben den Daten im selben elektronischen Speicher zu nutzen, was auf die von-Neumann-Architektur zurückgeht. Damit war der Weg zum kommerziellen Erfolg kommender Generationen von Rechnern geebnet.⁵⁸

- *1946* wird der Transistor von William Shockley, Walter Brattain und John Bardeen entwickelt. Diese Erfindung war, im Gegensatz zur Röhrentechnik viel robuster und Platz sparender. Damit war der Wettlauf um immer kleiner werdende Bauteile

⁵⁵ Vgl. <http://www.codesandciphers.org.uk/lorenz/colossus.htm>

⁵⁶ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.26

⁵⁷ János von Neumann zu Margitta besser bekannt als John von Neumann 1903-1953

⁵⁸ Vgl. <http://www.eingang.org/Lecture/edvac.html>

gestartet und das Fundament für integrierte Schaltungen gelegt.⁵⁹



Abb. 16: Nachbau des ersten Transistors

- 1947: William Grey Walter (1910-1977) entwickelt zwei mobile Roboter-Schildkröten⁶⁰, genannt "Elsie" und "Elmer", die mit einfachsten Sensoren ausgestattet sind. Diese ermöglichen es ihnen, einer Lichtquelle zu folgen und bei knapper Energieversorgung selbstständig zu einer speziell entworfenen Stromquelle zu gelangen. William Grey Walter verwendet für seine Schöpfung den Begriff „Machina Speculatrix“ was soviel wie „beobachtende Maschinen“ bedeutet.^{61 62}

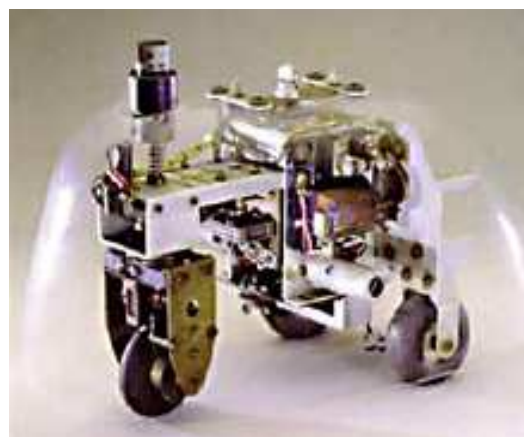


Abb. 17: Machina Speculatrix

⁵⁹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.26

⁶⁰ Schildkröten deshalb weil ihr Aussehen und behäbige Gangart an natürliche Schildkröten erinnert

⁶¹ Vgl. <http://www.roboexotica.org/de/timeline/index.html>

⁶² Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.27

- *1948:* Norbert Wiener publizierte das sensationelle Werk „Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine“ und setzt neue Maßstäbe in der Informationstheorie.⁶³
- *1954,* entwickelt Raymond Goertz einen Teleroboter, bestehend aus einem Greifarm, mit dessen Hilfe es möglich ist, mit gefährlichen Substanzen zu arbeiten, ohne, dass ein Mensch direkt mit ihnen in Kontakt kommen kann. Die Besonderheit dieses Greifarms lag im Antrieb durch Elektromotoren was die Arbeit vereinfachte. Mit dieser Konstruktion war man in der Lage, mit extrem gefährlichen Mitteln⁶⁴ zu experimentieren, ohne Menschenleben zu gefährden. Von diesem Greifarm bis zur Entwicklung eines echten Roboterarms war es nun nicht mehr weit.⁶⁵
- *1956* entwickelt der Informatikprofessor Herbert Simon zusammen mit Alan Newell ein Programm namens „Logical Theorist“. Mit Hilfe dieses Programms waren Rechner nun in der Lage, einfachste mathematische Theoreme zu erzeugen. Dies war die Sternstunde der „Künstlichen Intelligenz“, da mit diesem Programm der Beweis geschaffen wurde, dass Programme eigenständige Denkprozesse ausführen konnten. Diese Fähigkeit zur Kreativität war bis dahin nur Menschen vorbehalten.⁶⁶
- *1960,* Hirnforscher an der Johns Hopkins Universität, Baltimore, entwickeln ein Kollektiv von Robotern, welche einzellerähnliches Verhalten aufweisen. Sie werden „Hopkins Beast“ genannt. Diese Maschinen weisen in ihrer Gesamtheit eine rudimentäre

⁶³ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.27

⁶⁴ z.B. Radioaktive Elemente

⁶⁵ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.26

⁶⁶ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.27

Intelligenz auf sowie einen primitiven Überlebenswillen. Über Sensoren⁶⁷ waren sie in der Lage, auf einer weißen Wand schwarze Steckdosen zu erkennen, an welchen sie sich aufladen konnten.⁶⁸

- 1961, der stationäre Roboter „Unimate“⁶⁹ von George Devol und Joe Engelberger kommt zum Einsatz bei General Motors und läutet damit die massenhafte Nutzung von roboterähnlichen Maschinen in der Autoindustrie ein.⁷⁰
- 1966 - 70, Entwicklung des mobilen Roboters „Shakey“ im Labor für künstliche Intelligenz des Stanford Research Institutes. „Shakey“ zählt zu den Robotern der 2. Generation und war in der Lage selbstständig Tätigkeiten zu planen. In ihm vereinigten sich Wissen aus dem Bereich der Bildverarbeitung, kombinierten Robotik und der natürlichen Sprachaufnahme: „Natural language processing“. Er besaß eine beträchtliche Anzahl von Sensoren und Funktionen z.B. TV-Kamera, triangulierende Laserentfernungsmesser und Stoßsensoren, Steuerung durch DEC PDP-10 und PDP-15, Funkverbindung zum Roboter. Das Steuerprogramm STRIPS sorgte dafür das Shakey in der Lage war, selbstständig um Hindernisse herum zu fahren und sich zu drehen. Weiterhin konnte er komplexere Abläufe kombinieren und war in der Lage Pläne zu erstellen und bestimmte Aufgaben zu erfüllen. Man verglich dieses Spektrum an Funktionen mit dem eines komplexen Organismus mit komplexem Nervensystem.⁷¹

⁶⁷ Photozellenoptik und Sonar zum navigieren

⁶⁸ Vgl. <http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/robot.papers/2000/revo.slides/1960.html>

⁶⁹ Schrittmotorbefehle auf Magnettrommel kodiert, erster Industriell eingesetzte Roboter

⁷⁰ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.28

⁷¹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.30

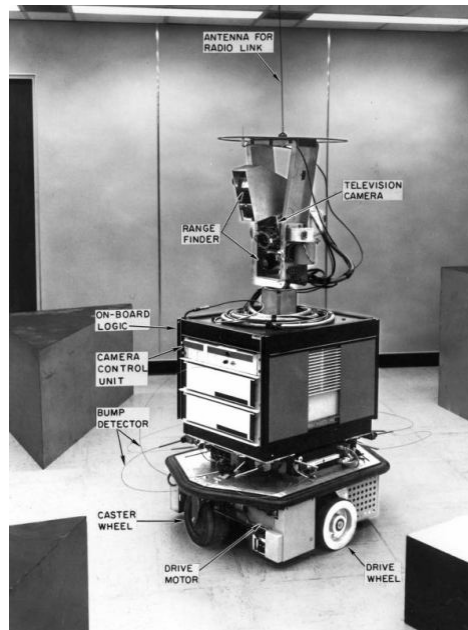


Abb. 18: mobilen Roboters Shakey

- 1973, Ichiro Kato entwickelt, nach einer langen Reihe von Prototypen, an der Waseda Universität Tokio den ersten lebensgroßen humanoidähnlichen Roboter der Welt: „Wabot-1“. Erst die Entwicklung der Mikrocomputer Mitte der 70er Jahre machte diese Leistung möglich. Damit war der letzte Baustein gegeben zur Konstruktion moderner Roboter. „Wabot-1“ war in der Lage verschiedenste Funktionen auszuführen. Unter anderem konnte er Aufnahmen von Objekten erstellen, gesteuert vom Modul WAM-4 und mittels taktiler Sensoren. Über die WAM-4-Module war außerdem eine Kontrolle der Gliedmaßen sichergestellt, wodurch „Wabot-1“ Gegenstände greifen und tragen konnte. Der Roboter besaß ein Stereokamerasystem sowie die Möglichkeit, über ein Konversationssystem mittels künstlicher Ohren, Augen und einem Mund zu kommunizieren⁷². Das Laufen wurde über das Laufrobotermodul WL-5 realisiert und „Wabot-1“ brauchte pro Schritt ca. 45 Sekunden. Man verglich seine mentalen

⁷² konnte sich auf japanisch unterhalten

Befähigungen für die Bewegungskoordination mit der eines 18 Monate alten Kindes.^{73 74}

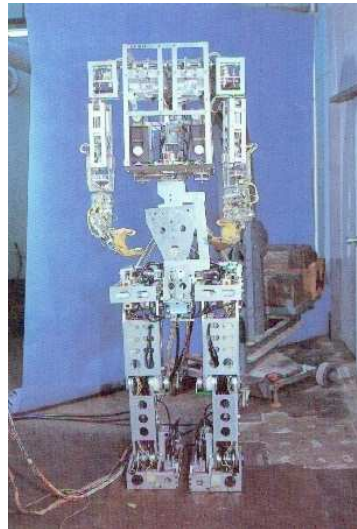


Abb. 19: Wabot-1

- *1985* wird „Wabot-2“ an der Waseda Universität Tokio entwickelt. Er zählt zu den androiden Laufrobotern und war in der Lage, Orgel zu spielen und Noten von einem Blatt abzulesen und zu interpretieren. „Wabot-2“ konnte sich der Geschwindigkeit eines menschlichen Mitspielers angleichen und besaß 10 Finger mit denen er bis zu 15 Anschläge pro Sekunde spielen konnte.⁷⁵
- *1989*: Entwicklung des Roboters „Manny“ im Auftrag der U. S. Army für Tests von Schutzkleidung. Seine Erbauer waren David Bennett und dessen Kollegen am Pacific Northwest Laboratory des U.S. Departement of Energy in Richland. Die Hauptaufgabe des Roboters bestand darin, menschliche Bewegungen, Atmen und Hauttemperatur zu simulieren, um die Eignung von militärischer Schutzkleidung unter Extrembedingungen zu überprüfen. „Manny“ besaß 15 Gelenke und 42 Freiheitsgrade⁷⁶, konnte sogar schwitzen. Die U. S. Army nutze „Manny“ um an

⁷³ Vgl. http://www.humanoid.waseda.ac.jp/booklet/kato_2.html

⁷⁴ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.30

⁷⁵ Vgl. http://www.humanoid.waseda.ac.jp/booklet/kato_2.html

⁷⁶ Anzahl und Art der möglichen Bewegungen bei Gelenken

ihm die Wirkung von chemischen Kampfmitteln, extremen Temperaturen und anderen lebensfeindlichen Umständen zu testen. Auf der Basis von „Manny“ wurden weitere Modelle entwickelt, unter anderem für die Prüfung von Sportkleidung für die Bekleidungsindustrie. Es sollen auch Modelle an Disney und Universalstudio Themenparks gegangen sein um anhand des Roboters die Bewegungsabläufe von Menschen für den Trickfilm zu verbessern.⁷⁷

- 1993 - 97, die japanische Firma Honda entwickelt den „P1“ der 1,91 Meter groß war und 175 Kilogramm schwer. Er war in der Lage, zu laufen, Lichtschalter und Türklinken zu benutzen und Gegenstände zu tragen. Er war jedoch noch von externen Energiequellen abhängig.

Der „P2“ (1996) besaß eine interne Energiequelle, die den Roboter ungefähr 15 Minuten versorgen konnte. Er war ein kabelloser, zweibeiniger, humanoidähnlicher Roboter, dessen gesamte Technik innerhalb seines Gehäuses untergebracht war und der sich selbst regulieren und unabhängig operieren konnte. Er war in der Lage leichte Fahrzeuge zu schieben und Treppen zu steigen. Seine Größe betrug 1,82 Meter, sein Gewicht 210 Kilogramm.

- 1997 war der P3 bereit, aufbauend auf den P2, jedoch leichter und kleiner, das Kontrollsystem wurde dezentralisiert und die Einsatzzeit damit auf 25 Minuten erhöht. Die Abmaße betragen 1,60 Meter Höhe bei einem Gewicht von 130 Kilogramm, seine maximale Laufgeschwindigkeit belief sich auf 2 km/h.^{78 79}

⁷⁷ Vgl. <http://www.androidworld.com/prod06.htm>

⁷⁸ Vgl. <http://asimo.honda.com/downloads/pdf/asimo-technical-information.pdf>

⁷⁹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.121-122

- 2001 wird die verbesserte Version des „P3“ präsentiert: „ASIMO“ (Advanced Step in Innovative Mobility) von Honda. Er vereint das gesammelte Wissen seiner Vorläufermodelle und gilt als der populärsten humanoide Roboter um die Jahrtausendwende. Mit seiner Größe von 1,20 Meter baute man ihn in genau der Höhe, die für die Arbeit in Wohnung von Bedeutung ist, bspw. um Schalter und Türklinken bedienen zu können. Sein Gewicht betrug jedoch noch immer 43 Kilogramm, was als Gefahrenquelle bei einem Unfall ein zu hohes Risiko darstellte, um ihn als Haushaltshilfe in Serie gehen zu lassen. „ASIMO“ war in der Lage, kontinuierliche Kurven zu vollführen, berechnete seine Wegstrecke im Vorfeld und damit die optimalen Verlagerungen des Körpergewichtes beim Gang.^{80 81}



Abb. 20: Vorläufergenerationen, rechts im Bild: „ASIMO“

Diese Zusammenstellung der Geschichte der Automaten bis zu den modernen Robotern und die damit verbundenen Entwicklungen in der Mechanik, Elektrotechnik und dem Maschinenbau beansprucht keine Vollständigkeit. Hier wird darauf verzichtet, da bei der Recherche eine Fülle an nicht relevanten Querinformationen und Teilfortschritten zu berücksichtigen war. Somit wurde eine möglichst informative Auswahl getroffen.

⁸⁰ Vgl. <http://asimo.honda.com/downloads/pdf/asimo-technical-information.pdf>

⁸¹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.122-126

4. Die Robotertechnik im frühen 21. Jahrhundert

Mit dem Durchbruch der Transistortechnik war es möglich Rechner immer kleiner und robuster zu bauen. Mit voranschreitender Revolutionierung auf dem Gebiet der Hochleistungsrechner, Personal Computer und dem damit verbundenen rapiden Preisverfall der Bauteile wurden der Fortschritt und die Weiterentwicklung von Robotersystemen stark gefördert. In den Bereichen der Sensortechnik, Materialforschung, Programmierung, künstlichen Intelligenz, Mechanik, Nanotechnologie, Elektrotechnik, Bionik, Informations- und Wissensverarbeitung, der Kommunikation und vielen weiteren Forschungsgebieten mussten starke Anstrengungen unternommen werden um die Qualität und die Geschwindigkeit der Fortschritte aufrecht zu erhalten. All diese Wissensgebiete benötigten hohe Forschungsgelder damit die Weiterentwicklung von halbautomatisierten Industrierobotern, Servicerobotern oder gar modernen humanoiden Roboter auf hohem Niveau gewährleistet blieb. Roboter sind, ob wir wollen oder nicht, aus dem unserem Alltag nicht mehr weg zu denken. In der Industrie haben sie schon lange ihren Platz gefunden und erobern nun Schritt für Schritt weitere Bereiche des alltäglichen Lebens. So unterstützen sie uns nicht nur in der industriellen Fertigung, sondern auch in Servicebereichen z.B. als intelligente Assistenzsysteme in der Medizin, als Datenverarbeitungs- und Kommunikationssysteme, sogar zunehmend auch in Dienstleistungsaufgaben. Roboter staubsaugen Wohnzimmer, entschärfen Bomben und überwachen Fabrikgelände. In der Zukunft werden autonome Roboter teilweise Pflegeleistungen an hilfsbedürftigen Senioren übernehmen. Mitte des 21. Jahrhunderts soll bereits eine Mannschaft aus 11 Robotern gegen den amtierenden Fußballweltmeister antreten. Die Ziele sind hoch gesteckt, lassen wir uns überraschen, was verwirklicht wird.⁸²

⁸² Vgl. Haun, Matthias 2007: Handbuch Robotik : Programmieren und Einsatz intelligenter Roboter, Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer, S.V-11

4.1 Roboter im zivilen Bereich

Die Verbreitung von Robotern ist kaum noch zu stoppen, die Zahlen von World Robotics 2008 geben klare Signale:

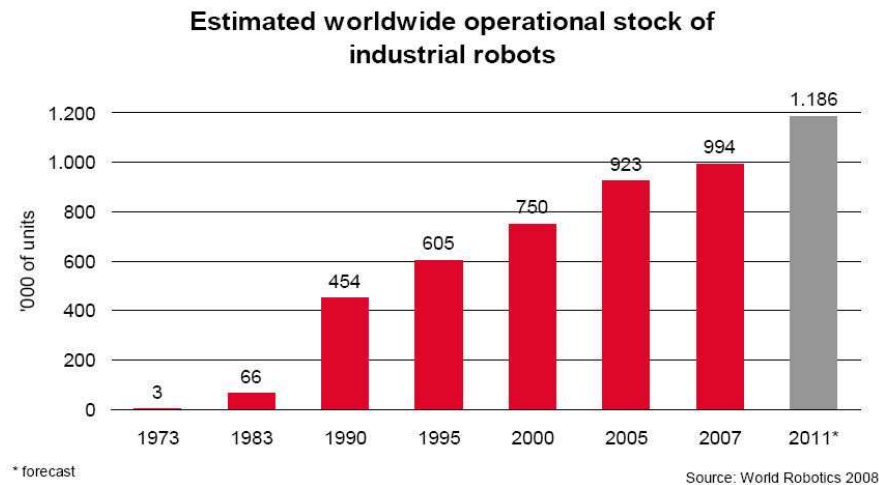


Abb. 21: weltweite Nutzung von Industrieroboter

Gegen Ende 2007 ist die Verbreitung von Industrierobotern so weit voran geschritten, dass sie rund eine Million Einheiten erreicht hat. Serviceroboter schaffen es gegen Ende 2007 auf 5,5 Millionen Einheiten weltweit. Sie sind in fast allen Bereichen des öffentlichen Lebens im Einsatz. Glaubt man der Statistik von World Robotics, so wird bis Ende 2011 die Zahl der Industrieroboter auf zirka 1,2 Millionen und der Serviceroboter auf 17 Millionen weltweit geschätzt. Von allen Ländern besitzt Japan die höchste Roboterdichte und ist auch führend in der Entwicklung neuer Systeme.⁸³

⁸³ Vgl. http://www.worldrobotics.org/downloads/2008_Pressinfo_german.pdf

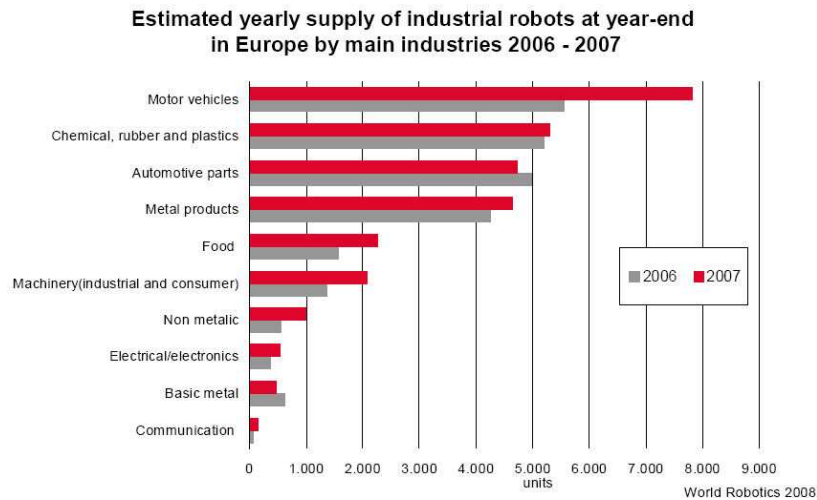


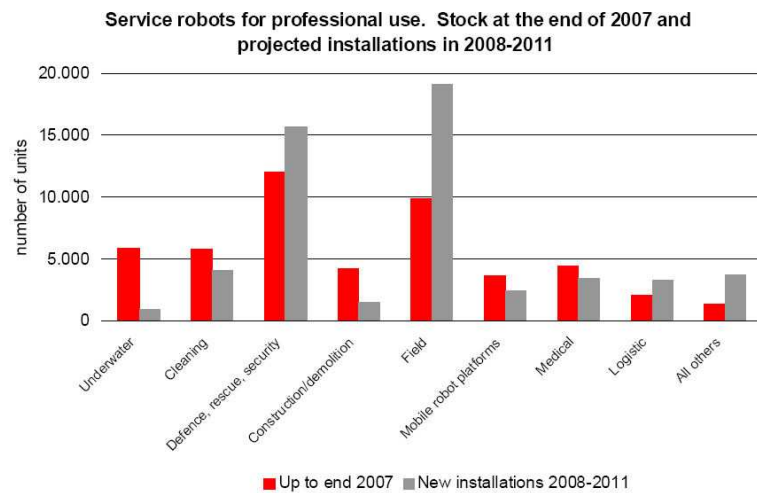
Abb. 22: Europaweite Verteilung von Industrieroboter nach Branchen

Die europaweite Verteilung von Industrierobotern war Ende 2007 wie folgt aufgeteilt:

Die meisten Roboter kamen in der Autoindustrie zu Einsatz, gefolgt von der Chemie-, Gummi-, und Kunststoffindustrie. Den dritten und vierten Platz nehmen die Autoteile- und Metallindustrien ein. Darauf folgen die Nahrungsmittelhersteller und Maschinenbauindustrie, zu guter Letzt noch Elektronik-, Metall- und Kommunikationsindustrie. Die Auto- und Chemieindustrie haben als erste das Potenzial von Roboter erkannt was ihre hohe Verbreitung in diesen Sparten der Industrie erklärt.

In allen Bereichen ist ein Wachstum zu erwarten, da die durch den Einsatz von Robotern statt menschlicher Arbeiter eine immense Effektivitätssteigerung erwartet wird.⁸⁴

⁸⁴ Vgl. http://www.worldrobotics.org/downloads/2008_Pressinfo_german.pdf



Source: World Robotics 2008

Abb. 23: Aufgabengebiete von Servicerobotern

Obige Statistik stellt dar, dass Ende 2007 auf dem Gebiet der Serviceroboter die Feldarbeitsroboter dominierten, dicht gefolgt von Verteidigungs-, Rettungs- und Sicherheitsrobotern. Der Rest des Feldes teilt sich auf in Unterwasser-, Reinigungs-, Medizin-, Bau-, Logistik- und Mobile Roboterplattformen. Gerade bei der Feldarbeit wird eine starke Zunahme erwartet.⁸⁵

⁸⁵ Vgl. http://www.worldrobotics.org/downloads/2008_Pressinfo_german.pdf

4.1.1 Industrieroboter

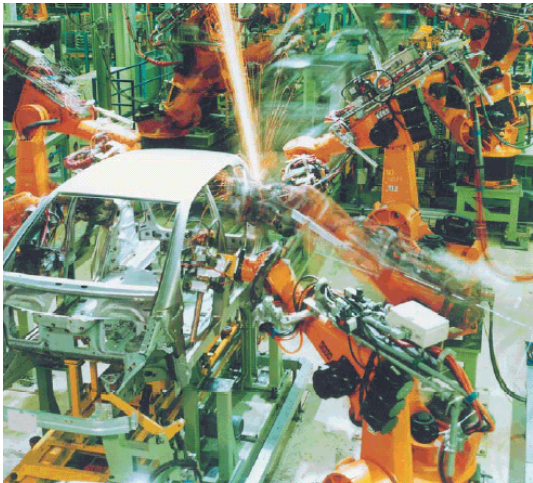


Abb. 24: Industrieroboter

Seit der Entwicklung des ersten, programmierbaren Webstuhls, sowie der Entdeckung der Dampfmaschine und ihrer revolutionären Bedeutung für die Industrie, hat sich viel getan auf dem Gebiet der Industrierobotik. Heute werden auf kleinen Raum bewegliche oder fest installierte Industrieroboter mit Kameras, Sensoren und vieler Art Elektronik ausgestattet, die immer schwierigere Arbeitsabläufe bewältigen können. Die Führung der Arbeitsbewegungen wird von einem Prozessrechner übernommen.

Ziel ist es die Produktivität immer weiter zu steigern. Daraus folgt ein starker Abbau von menschlichem Personal. Gerade auf dem Gebiet der Sensorik nahm die Komplexität der Arbeitsabläufe, die die Maschinen bewältigen konnten, stark zu. Damit konnten viele Prozessabläufe automatisiert werden, für die zuvor menschliche Arbeitskräfte notwendig waren. Industrieroboter übernehmen nun in vielen Bereichen die Arbeitsprozesse wie z.B. bei Lackierarbeiten, Punkt-Schweißarbeiten, Montagen, Stanz-Pressarbeiten, Verpackungsarbeiten, Logistik- und Lagerarbeiten, Objektprüfung, 3D-Teilerkennung, Fräsarbeiten aller Art, Fensterreinigung und sie können sogar Bier zapfen. General Motors war 1961 weltweit der erste Konzern der Industrieroboter in den Produktionsabläufen einsetzte. Die Autoindustrie konnte bisher am besten von der

Effektivitätssteigerung durch Roboter profitieren. Gleich danach kommt die Chemieindustrie, die in steigendem Maße die Hilfe von Industrierobotern gerade im Bereich der giftigen und gefährlichen Substanzen nutzt. Mit der Verbesserung der Sensoren und kognitiven Fähigkeiten werden die Aufgabenfelder von Industrierobotern stetig wachsen.^{86 87}

Verschiedene heute eingesetzte Industrieroboter:

Der „SDA10 Dual-Arm“-Roboter, der Firma MOTOMAN GmbH, ist ein flinker 15-achsiger Roboter der zu „menschenähnlicher“ Bewegungsfreiheit und schneller Beschleunigung fähig ist.⁸⁸ Der „SDA10“ ist auf dem Entwicklungsstand des letzten Quartals 2008.

„Sein schlangenartiges Design der zwei Arme und die integrierte Medienzuführung machen den „SDA10“ zum idealen Roboter für eine Vielzahl von Einsatzbereichen wie Montage, Teileübergabe, Maschinenbeschickung, Verpacken und andere Handlingaufgaben, die früher nur von Menschen ausgeführt werden konnten. Beide Roboterarme können synchron zusammenarbeiten oder gleichzeitig unterschiedliche Aufgaben ausführen. Dank seiner geringen Aufstandsfläche kann er in engen Bereichen eingesetzt werden, und spart hierdurch wertvolle Bodenfläche.“⁸⁹

Aus demselben Hause kommt auch der „SIA20“, ein schlanker, leistungsstarker Ein-Arm-Roboter mit sieben Achsen, der sich ausgezeichnet für automatisierte Abläufe wie Inspektion, Montage, Handling und Maschinenbeschickung eignet. Der Entwicklungsstand entspricht dem Ende ersten Quartals 2009.⁹⁰

⁸⁶ Vgl. Knoll, Alois ; Christaller, Thomas 2003: Robotik, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl., S.6

⁸⁷ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Kneesebek, S.205-225

⁸⁸ Vgl. <http://www.motoman.eu/de/Produkte/Roboter/SDA10/>

⁸⁹ <http://www.motoman.eu/de/Produkte/Roboter/SDA10/>

⁹⁰ Vgl. <http://motoman.eu/de/Produkte/Roboter/SIA20/>

„Das revolutionäre Design mit hoher Gelenkleistung und integrierter Medien- und Schweißstromzuführung ermöglicht den Einsatz des „SIA20“ in engen Bereichen mit einzigartiger Bewegungsfreiheit. Mit einer minimalen Aufstandsfläche und hoher Flexibilität der Bewegung kann der „SIA20“ außerhalb des normalen Arbeitsbereichs positioniert werden (z. B. Boden-, Decken-, Wandmontage, bzw. hängend oder maschinenmontiert), ohne den Bewegungsraum einer der Achsen einzuschränken. Um wertvolle Standfläche zu sparen, kann der „SIA20“ zwischen zwei Maschinen montiert werden, was einen offenen Zugriff auf die Maschinen zu Wartungs-, Test- oder Einstellungs Zwecken ermöglicht.“⁹¹



Abb. 25: links: SIA20 | rechts: SDA10 Dual-Arm-Roboter

Der „KR 5 arc HW (Hollow Wrist)“ der Firma KUKA ist ein Industrieroboter der speziell für Schutzgasschweißen gebaut wird.⁹²

Dem Entwicklungsstand des „KR 5 arc HW“ entspricht Mai 2009.

„Seine 50 mm große Durchlassöffnung im Arm und in der Hand ermöglicht beispielsweise die Verlegung des Schutzgasschlauchpaketes geschützt im Arm. Dadurch wird das Schlauchpaket nicht nur vor mechanischen Einwirkungen geschützt, sondern verhindert auch die unerwünschte Peitschenbewegung beim Umorientieren des Roboters. Es sind sowohl Torrsionsschlauchpakete als auch endlos drehende Schutzgasschlauchpakete möglich. Dies

⁹¹ <http://motoman.eu/de/Produkte/Roboter/SIA20/>

⁹² Vgl. http://www.kuka-robotics.com/germany/de/products/industrial_robots/low/kr5_arc_hw/

bedeutet für den Anwender nicht nur eine verbesserte Bauteilzugängigkeit und ein optimal geschütztes Schlauchpaket, sondern auch eine vereinfachte Offline-Programmierung.“⁹³



Abb. 26: Industrieroboter der Firma KUKA „KR 5 arc HW“

4.1.2 Roboter in der Medizin



Abb. 27: Roboter hilft bei einer Knieoperation

Die bekanntesten Robotersysteme auf dem Gebiet der minimalinvasiven Chirurgie in den 90er Jahren waren „ZEUS“ und „da Vinci“.

Heute ist man in der Lage, von Fachleuten durchgeführte Operationen über große Entfernung durchzuführen, ohne dass der Arzt tatsächlich

⁹³ http://www.kuka-robotics.com/germany/de/products/industrial_robots/low/kr5_arc_hw/

vor Ort ist. Im September 2001 gelang die erste transatlantische Operation eines Arztes in New York. Ein Beispiel aus dem Militär verdeutlicht die neuen Einsatzgebiete: so war das Militär gewaltig daran interessiert, Soldaten, die an der Front verletzt wurden, von Ärzten behandeln zu lassen, die sich nicht vor Ort im Krisengebiet befanden. Weitere Versuche wurden gestartet, wie z.B. der, in einer 19 Meter tiefen Unterwasserstation zu operieren. Der Gedanke dahinter ist, eines Tages im All von der Erde aus operieren zu können und damit umfassende medizinische Versorgung von Astronauten bei längeren Missionen sicherzustellen. Roboter in der Medizin sind heute nicht mehr weg zu denken.

Auch wenn der Gedanke, sich von einem Roboter operieren zu lassen, manchen befremdet, so muss festgestellt werden, dass Roboter bei einer OP natürlich Vorteile mit sich bringen. So sind OP-Roboter in der Lage mikroskopische Schnitte durchzuführen, sie haben keine zitternden Hände. Sie zeigen auch bei längeren Operationen keinen Präzisionsverlust. Moderne OP-Roboter sind in der Lage, vom gesammelten Wissen vieler Ärzte zu profitieren, da sie es speichern und jeder Zeit darauf zurückgreifen können. Roboter in der Medizin werden heute in vielen Fachgebieten, wie der Chirurgie oder in der Orthopädie bei z.B. Hüftoperationen mit Hilfe des Roboters „Robodoc“⁹⁴ und für Rehabilitationszwecke eingesetzt.^{95 96}

Die Diagnostik ist ein weiteres Feld in der Medizinrobotik. Hier wurden in den vergangenen Jahren Unmengen von hoch entwickelten Messgeräten gebaut. Ob es sich um Ultraschall, Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie) oder optische Topographie handelt, auf allen Gebieten wird heute geforscht um noch besseren Lösungen zu finden.

⁹⁴ erste gelungene Hüftoperation 1992 durch Robodoc

⁹⁵ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.351-377

⁹⁶ Vgl. Knoll, Alois ; Christaller, Thomas 2003: Robotik, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl., S.14-15

In der Präzisionschirurgie wird es in naher Zukunft unter anderem durch Mikroroboter gewaltige Fortschritte geben, die die Langlebigkeit unserer Körper weiter erhöhen dürfte. Heute werden so genannte „Mikrobots“ mit Kameras, genutzt, um das Innere des Körpers nach Krankheitsherden abzusuchen.^{97 98}

2007 gelang es einem kanadischen Forscherteam einen Nanoroboter in die Hauptschlagader eines lebendigen Schweins einzuführen und diesen extern zu steuern. Der Roboter besaß einen Durchmesser von 1,5 mm und bewegte sich mit 10 cm pro Sekunde durch das Tier.⁹⁹

Es ist vorstellbar, dass kleinste Mikroroboter in Zahncreme integriert werden und bei der Bekämpfung von Karies helfen.

Weitere Gebiete, auf denen Erfolge erwartet werden, sind die Ankopplung von Nerven an Rechnersysteme. Sollte es gelingen, Nerven auf diese Art zu stimulieren, könnte die Prothetik Unfallopfern in extrem verbessertem Maße helfen. Schon heute gibt es durch die Fortschritte in der Kleinstbaumechanik Möglichkeiten, ganze Arme oder Gelenke nachzubauen. In Verbindung mit DNA Forschung, Kybernetik und Bionik könnte die Menschheit eines Tages in die Lage sein, schwerwiegende körperliche Verletzungen nahezu ungeschehen zu machen.^{100 101}

Beispiele der Medizinrobotik:

Das „Da Vinci Surgical System Si HD“ wurde von der Firma Intuitive Surgical April 2009 auf den Markt gebracht. Im Wesentlichen besteht die Anlage aus zwei Teilen: einer Steuerkonsole und einer Säule mit

⁹⁷ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.351-377

⁹⁸ Vgl. Knoll, Alois ; Christaller, Thomas 2003: Robotik, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl., S.14-15

⁹⁹ Vgl. <http://www.pc-professionell.de/news/2007/03/22/20070322030.aspx>

¹⁰⁰ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.351-377

¹⁰¹ Vgl. Knoll, Alois ; Christaller, Thomas 2003: Robotik, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl., S.14-15

Roboterarmen. In einiger Entfernung sitzend, steuert der Chirurg an der Konsole die zwei Bedienelemente, womit er die Instrumente millimetergenau über kleine Schnitte (0,5-1,0 cm) in den Patienten einführen und steuern kann. Über eine hochauflösende 3D-Videobild-Kamera mit starker Vergrößerung, ist der Operateur in der Lage, im Patienten zu arbeiten, Zittern und Fehler werden dabei ausgeglichen. Bei dem neueren Model „Si HD“ ist es über eine weitere Konsole möglich, dass ein zweiter Chirurg übernimmt oder sogar mit an einer OP teilnimmt. Weiter kann die zweite Steuerkonsole während einer Operation zu Schulungs- und Anschauungszwecken genutzt werden.¹⁰²



Abb. 28: da Vinci Surgical System Si HD

Der „DRL MIRO“ ist ein vielseitiger Roboterarm der zweiten Generation für chirurgische Anwendungen, entwickelt am DRL Institut für Robotik und Mechatronik. Der Öffentlichkeit wurde der DRL MIRO im Juni 2008 vorgestellt. Mit einem Gewicht von 10 kg und den Größenverhältnissen ähnlich eines menschlichen Armes ist der DRL MIRO außerordentlich leicht und Platz sparend. Der Arm kann mit einer Lasereinheit ausgerüstet werden, um z.B. Knochengewebe präzise trennen. Er wird sogar in der Raumfahrt eingesetzt.¹⁰³

¹⁰² Vgl. <http://www.ddvz.de/Noch-genauer.221.0.html>

¹⁰³ Vgl. <http://www.dlr.de/rm/de/desktopdefault.aspx/tabid-3828/>

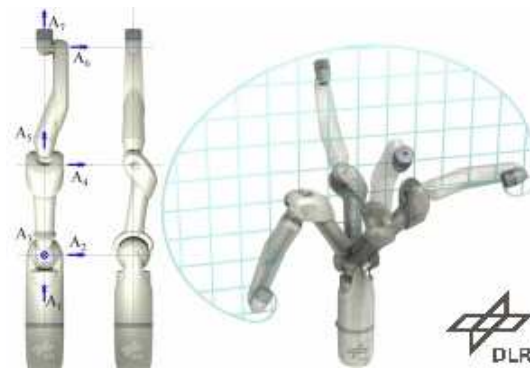


Abb. 29: DRL MIRO Roboterarm der zweiten Generation

4.1.3 Robotergesteuerte Hilfe in der medizinischen Betreuung

Auch in der Patientenpflege mischen vermehrt Roboter mit. Die Lebenserwartung der Menschen steigt, das Verhältnis von Senioren zu jungen Menschen die als Pflegeperson arbeiten können und wollen gerät in ein Ungleichgewicht. Daraus ergibt sich ein riesiges Potenzial für Pflegeroboter und so genannte Serviceroboter. Diese Serviceroboter müssen im besonderen Maße in der Lage sein, mit Menschen in Verbindung zu treten. Die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ist der Schlüssel zum Erfolg auf diesem Sektor. Schon heute wird in Japan unter Hochdruck daran gearbeitet, Robotersysteme zur Altenpflege zu konstruieren. So sind u. a. auch Pflegeroboter entstanden die mit Thermometern und Pulsmessern versehen und in der Lage sind, medizinische Apparaturen zu steuern. Das System wird im Verbund mit Internet und Telefon zur gezielten Datenübertragung an den jeweiligen Arzt oder zum Notruf genutzt. Sogar eine Erinnerung zur Einnahme von Medizin oder dem Trinken können die Roboter aussprechen. Der momentane Stand der Technik von Pflegeroboter entspricht noch lange nicht dem von echten Helfern im Haushalt. In einen menschlichen Haushalt, wo Gegenstände oft umgestellt werden und Personen in Bewegung sind, hat ein Robotersystem es schwer sich zu orientieren. Roboter sind auch nicht in der Lage, Trost und Geborgenheit zu spenden, weshalb ein völliger

Ersatz von menschlichem Pflegepersonal zurzeit undenkbar ist. Trotzdem werden in Krankenhäusern im geringen Maße Pflegeroboter für einfachste Aufgaben genutzt, wie z.B. der „HelpMate“ welcher einfache Bringdienste erledigt. Die Japaner haben den Pflegeroboter „Ri-Man“ entwickelt, welcher Patienten umladen kann und ein humanoides Grundgerüst hat. Bald sollen Roboter in der Lage sein, anhand des Atems den Gesundheitszustand des Patienten ermitteln zu können. Nicht zu vergessen: das große Feld der Roboter für Gehbehinderungen oder Rehabilitation. Rollstühle, die mit intelligenten Systemen ausgerüstet sind, um die Bewegungsmöglichkeiten der Insassen zu erweitern. Gehhilfen, die Behinderten das Laufen wieder nahe bringen oder es trainieren. Es gibt Exoskelette, die weit mehr als Gehhilfen sind. Mit ihrer Hilfe sind gesunde Menschen in der Lage, schwerste Lasten zu heben und zu tragen. Die Entwicklung auf diesem Gebiet ist atemberaubend. Die Tendenz geht zu ganzen Rüstungen, die zum Schutz des Insassen getragen werden können. Sie können auch Personen mit Gehbehinderungen von Nutzen sein. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig und die Forschung ist bereit, das Wissen zu liefern.¹⁰⁴

Beispiele für medizinische Betreuung:

„Care-O-bot[®] 3“ vom Fraunhofer Institut, erstmalig im Mai 2008 vorgestellt, vereint das Wissen seiner Vorläufermodelle und stellt damit die neuste Generation eines mobilen Serviceroboters dar. Seine Aufgaben können sein: das Holen und Bringen von Gegenstände des täglichen Bedarfs, Türen und Schubladen öffnen, einen Tisch decken sowie in Interaktion mit seinem Schützling treten. Das verdankt er alles zahlreichen Innovationen aus dem Bereich der Sensorik, Kinematik und Steuerung.¹⁰⁵

¹⁰⁴ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Kneesebek, S.378-379

¹⁰⁵ Vgl. http://www.care-o-bot.de/Care-O-bot_3.php



Abb. 30: Care-O-bot[®] 3 vom Fraunhofer Institut

Pflegeroboter „Rhoni“ wurde von der Firma H&S Robots im Auftrag der Hochschule Niederrhein entwickelt. Es handelt sich hierbei um einen Prototyp der humanoiden Bauart. Er misst 1,80 Meter und soll Aufgaben im Pflegebereich übernehmen. Hilfe soll er beim Aufstehen und Anziehen leisten, das Essen bringen sowie Patienten von einem Standort zum nächsten bringen.¹⁰⁶

Die Firma Hocoma AG entwickelte das Modell „Lokomat“ zur robotergestützten Laufbandtherapie. Mit dieser ist man in der Lage, Patienten mit neurologischen Krankheiten und heilenden Verletzungen wieder an das Gehen zu gewöhnen. Die Patienten können, im Vergleich zu herkömmlichem Laufbandtraining, längere und intensivere Trainingseinheiten vornehmen. Außerdem gibt es eine Entlastung des Therapeuten, der sich wiederum gezielter um den Patienten kümmern kann. Der Laufvorgang des Patienten lässt sich einfach überwachen und auswerten, die Motivation wird gesteigert durch visualisierte Leistungsrückmeldung und das Gehverhalten, welches der Patient trainiert, kann individuell an die Bedürfnisse des zu Behandelnden angepasst werden. Den „Lokomat“ ist sogar für Kinder und ältere Menschen geeignet.¹⁰⁷

¹⁰⁶ Vgl. <http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/168215/>

¹⁰⁷ Vgl. <http://www.hocoma.ch/produkte/lokomat/einleitung/>



Abb. 31: „Lokomat“ - Robotergestützte Laufbandtherapie

Das Exoskelett von Cyberdyne mit Namen „HAL 5“ ist eine Art intelligente Gehhilfe. Dieser Roboteranzug ist in der Lage die Muskelimpulse, per integrierten Computer mit einer Laufzeit von ca. 2 Stunden 40 Minuten so umzusetzen dass sich ein ganzes Exoskelett danach richtet. In der Praxis ist der Nutzer in der Lage alle normalen Tätigkeiten wie Wandern, Klettern, aus einem Stuhl aufstehen auszuüben und gerade das Tragen von schweren Lasten wird um ein Vielfaches erleichtert. In der Planung ist auch ein Ganzkörper-Roboteranzug mit intelligenten Funktionen wie Nachtsicht, Telefon und Internetzugang.¹⁰⁸



Abb. 32: Exoskelett - HAL 5

¹⁰⁸ Vgl. <http://www.cyberdyne.jp/english/robotsuithal/index.html>

4.1.4 Haushaltsroboter

Der Wunsch nach Hilfe im Haushalt ist schon alt, man bedenke Goethes Ballade „der Zauberlehrling“ *„Die ich rief, die Geister/werd ich nun nicht los“*. Ein Zauberlehrling versucht sich am Spruch seines Meisters und bringt einen Besen dazu dass er für ihn Arbeit verrichtet. So freut sich der Lehrling über sein Werk muss aber alsbald feststellen dass er nicht mehr Herr der Lage ist. In letzter Minute kommt der Meister heim und gewinnt wieder die Kontrolle über die Situation.

Die fortschreitende, technische Entwicklung sollte auch zu Erleichterung des Alltags im Haushalt genutzt werden. In den 1950er Jahren gab es erste Waschmaschinen, Toaster, Staubsauger, Kochautomaten und Geschirrspülmaschinen. Viele Jahre danach basierten die modernen Ausgaben dieser Geräte noch immer auf ihren Vorläufern aus der Zeit des Wirtschaftswunders. Doch auch hier trat mit der Robotertechnik ein Wandel ein.

So gibt es heute autonome Staubsauger, die allein in der Lage sind ein Zimmer zu saugen, zu jeder Tageszeit und programmierbar. Sie sind sehr flach gebaut, um unter Tische und Möbeln saugen zu können, ausgestattet mit Sensoren sind sie in der Lage, Hindernissen auszuweichen. Geht ihnen die Energie aus, suchen sie selbstständig die Ladestation auf. Doch können sie noch keine Treppenstufen bewältigen oder in Ecken und auf Teppichrändern saugen. Ihren Staubbeutel können sie noch nicht selbstständig entleeren. Diese Dinge sind aber nur noch eine Frage der Zeit. Wenn die entsprechenden Techniken und Module einen Marktpreis erreicht haben, der eine Serienproduktion für ein breites Publikum rechtfertigt. Das Interesse an solcherlei Artikeln ist groß, weshalb gleich mehrere Hersteller ins Rennen gehen.

Bereits 2002 wurde der erste erschwingliche Staubsaugroboter vom US Konzern iRobot gebaut, der Staubsauger „Roomba“ für 200 US Dollar. 2003 mischte nun als erster europäischer Produzent der deutsche Hersteller Kärcher mit und brachte den „RC 3000“ auf den Markt. Die Technik der folgenden Jahre konnte zusehends verfeinert werden, da in der Elektrobranche Bauteile immer preiswerter wurden. In Zukunft werden dieser Art Roboter wahrscheinlich mit einem Greifarm ausgerüstet sein damit sie Gegenstände beiseite räumen können und einer 3D Erkennungsmatrix besitzen, welche ihnen die Möglichkeit gibt, verlorene Gegenstände wieder zu erkennen und zu melden.¹⁰⁹

Hilfe im Garten versprechen Mähroboter, welche selbstständig durch ein Rasenstück fahren und den abgeschorenen Rasen kleingehäckselt als natürlicher Dünger hinterlassen. Die Mähroboter verfügen über Sensoren, damit sie Hindernissen ausweichen können und keine Steine unter ihre Scheren bekommen. Sobald der Roboter seitlichen Druck verspürt, stoppt er und fährt seine Scheren ein, damit keine Gefahr für Menschen oder Tiere entsteht. Neue Versionen verfügen über eine GPS-Umfeldererkennung, womit sie den Rasen in Bahnen scheren können. Alle Modelle sind in der Lage, selbstständig bei schwacher Energie ihre Ladestation aufzusuchen.

Gerade Besitzer von Golfplätzen sind von Mährobotern überzeugt, da ihr Rasen in der Nacht leise ohne Personalkosten gemäht werden kann.¹¹⁰

Erwähnenswert ist noch ein Roboter, der ebenfalls im Garten Verwendung findet. Ein Schneckensammelroboter namens „Slugbot“, gebaut vom Intelligent Autonomous System Laboratory in Bristol. Dieser Roboter findet Schnecken mit Hilfe seiner Sensoren und einer

¹⁰⁹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.157-166

¹¹⁰ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.167-169

Kamera und sammelt mittels eines Greifarms. Damit aber nicht genug, die eingesammelten Schnecken werden in seinem Inneren „verdaut“. Slugbot verfügt über eine Art *künstlichen Magen*, dort wird das Schneckenfleisch in Methan und darauf folgend in Wasserstoff umgewandelt. Der gewonnene Wasserstoff wird in Reaktion mit Sauerstoff (aus der Luft) mittels des Prinzips der Brennstoffzelle zu Elektrizität umgewandelt, wodurch der Roboter zu neuer Energie kommt.¹¹¹

Wachroboter, welche ihre Besitzer vor Eindringlingen, Feuer oder sogar austretenden Gasen warnen, sind ein weiterer Bereich der durch den Fortschritt der Robotik geöffnet wurde. Meist sind sie mit einer Art Kommandostation verbunden, in der ein menschlicher Wachangestellter die einkommenden Daten auswertet und im Notfall weiterleitet. Andere sind permanent mit dem Internet verbunden und kommunizieren darüber mit einem Operator. Es besteht auch die Möglichkeit, dass die Besitzer via Mobiltelefon benachrichtigt werden. Den Wachrobotern stehen unterschiedliche Möglichkeiten der Reaktion bei ungewöhnlichen Ereignissen zur Verfügung. Bei Zutritt durch unbefugte Personen z. B. können einige direkt auf den Eindringling zufahren, um dann lautstark Alarm zu schlagen, die Umgebung zu vernebeln um dem Eindringlingen die Flucht zu erschweren und Fotos des Eindringlings schießen. Die Polizei oder menschlicher Wachschatz sind dann meistens schon informiert und auf dem Weg. Die Technik der Wachroboter ist in der Lage, Gesichter zu speichern und unidentifizierte nicht passieren zu lassen. Sie besitzen vielerlei hoch entwickelte Sensoren: Infrarotkameras, Temperatursensoren, Gas- oder toxische Erkennungssensoren, die ihnen helfen die Situation nahezu autonom zu bewerten. Manche sind für Außenaufgaben geschaffen worden, sie können sich auf fast jeder Geländeart flink bewegen, andere sind nur für den Innenbereich

¹¹¹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Kneesebek, S.171

gedacht. Wachroboter ermüden nicht und arbeiten rund um die Uhr.¹¹²

Roboter als Unterhalter in Form von Spielrobotern sind auch auf dem Markt vertreten. Sie sollen den vielseitigen sozialen Bedürfnissen von Menschen entgegenkommen, sollen Nähe bieten, sich streicheln lassen und Spielpartner sein. Diese Roboter haben auf dem japanischen Markt schnell viele Käufer gefunden, der Rest der Welt stand dieser Innovation eher verhalten gegenüber. Roboter so zu schaffen, dass sie die sozialen Bedürfnisse von Menschen wirklich gerecht werden können, ist eine extrem anspruchsvolle Aufgabe mit sehr komplexen Anforderungen. Die Roboter müssen je nach Modell und Aufgabe zu vielerlei Fähigkeiten in der Lage sein. In den meisten Fällen wurden sie als Kuscheltiere gebaut oder Haustieren nachempfunden. Der Roboterhund „Aibo“ von Sony kann vielen Befehlen gehorchen, er folgt seinem „Halter“ und ist in der Lage, Gesichter und Stimmungen zu erkennen (über die Stimmlage des Menschen) und darauf zu reagieren¹¹³. Weiterhin besitzen sie einen Internetzugang und können unter anderem Emails abrufen. Sie sind lernfähig in Bezug auf Wörter, können Verhalten und sogar Moralvorstellung weitergeben. Sie bewegen sich auf Rollen oder auf vier Füßen. Ausgestattet mit modernster Sensorik weichen sie eigenständig Hindernissen aus. Roboter zum Zeitvertreib gibt es in Form von Billardrobotern, Bierflaschenöffnungsrobotern und sogar Tätowierrobotern.¹¹⁴

Auch in der modernen Küche mangelt es nicht an robotischer Hilfe. So gibt es humanoide Roboter die in der Küche Geschirr in Schränke oder Geschirrspüler einräumen, den Tisch decken, Gegenstände aus dem Kühlschrank holen oder gar Tee zubereiten. Damit Glas oder

¹¹² Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.173-179

¹¹³ in Form von typischen Geräuschen für Ablehnung oder Wohlempfinden

¹¹⁴ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.181-195

Porzellan nicht zu Bruch gehen, finden hier die neuesten Erkenntnisse in der Entwicklung künstlicher Hände ein Einsatzgebiet. Wichtig sind Tastsinn und eine regulierbarer Greifdruck. Bei weiterer Entwicklung der 3D Erkennungsmuster werden die Roboter in der Lage sein, den Kühlschrank fehlende Nahrungsmittel im Kühlschrank zu erkennen und diese via Internet, natürlich beim preiswertesten Anbieter, per Hauslieferung nachzubestellen. Die Möglichkeiten sind unzählig von der perfekten Küchenhilfe bis zum kompletten Essensorganisator eines Haushaltes.

Beispiele für Haushaltsroboter:

Der Staubsaugerroboter „iRobot® Roomba® 625 Professional“ hergestellt im ersten Quartal 2009, kann gründliche Reinigung im Haushalt vornehmen. Er weicht Hindernissen selbstständig aus und erkennt Treppenstufen. Er ist programmierbar und findet selbstständig seine Ladestation.¹¹⁵

Der Rasenmäherroboter „Ambrogio 4WD“ von Ambrogio Robot ist ein Roboter mit Vierradantrieb. Mit ihm können Rasen von einer Größe bis zu 600 m² geschnitten werden. Der „Ambrogio 4WD“ schneidet bis zu einem Gefälle von max. 27 Grad, in ihm sind Kipp-Hebesensoren verbaut, es ist möglich eine Messermodulation vorzunehmen und er verfügt über das neuartige System der Automatischen Grasserkenung, die es dem Mähroboter ermöglicht, automatisch, das Rasenende zu finden und wenn kein zu schneidendes Gras mehr vorhanden ist selbstständig seine Arbeit zu beenden. Das Gerät hat eine Laufzeit von 3,5 Stunden.¹¹⁶

¹¹⁵ Vgl. <http://www.iroboeurope.de/item?sku=62504&secid=39815#item-detail>

¹¹⁶ Vgl. <http://www.ambrogiorobot.de/>



Abb. 33: Rasenmäroboter Serie 50 - Ambrogio 4WD

Wachroboter gibt es in unzähligen Ausführungen. Das folgende Beispiel zeigt einen Wachroboter der für den Außeneinsatz konzipiert wurde. Der „OFRO“ von der Firma Robowatch ist so ein Multitalent. Er ist ausgestattet mit einer Thermokamera installiert auf einem 360 Grad Drehkopf sowie zwei Ultraschallabstandssensoren zur Erkennung von Eindringlingen. Zur Kommunikation mit einer Leitstelle oder Vergleichbarem ist er über GSM-Modul, WLAN sowie DGPS-Empfänger mit Korrekturdatenempfänger (EPS) in der Lage. OFRO bewegt sich mit 7,2 km/h durch das Gelände, dank seines Kettenantriebs bewältigt er auch unwegsames Gebiet. Sein Akku hält maximal 12 Stunden.¹¹⁷



Abb. 34: Wachroboter „OFRO“

Der „Qrio“ [(Quest for Curiosity) SDR-4X II] von Sony ist ein Kleinstspielroboter, 58 Zentimetern groß und sieben Kilogramm schwer. Er erreicht eine Spitzengeschwindigkeit von 13,72 Meter pro Minute (0,8 km/h). Zu seinen Funktionen gehört das Hüpfen,

¹¹⁷ Vgl. <http://www.robowatch.de/index.php?id=38>

Treppensteigen und er kann Geschichten vorlesen, Tanzen, Fußballspielen und Singen. Der Roboter besitzt 38 Freiheitsgrade, jeder mit eigenen Servomotor, er hat jeweils zwei Arme, Beine und Hände. Alle zehn Finger der Hände können sich bewegen und zugreifen. Der Kopf ist mit zwei Kameras ausgestattet und erlaubt stereoskopisches Sehen wie bei einem Menschen. Er ist in der Lage, Gesichter und Sprachen im geringen Maße zu erkennen und besitzt einen Wortschatz von ca. 60000 Wörtern. In seinen Füßen sind Drucksensoren, die die Beschaffenheit des Bodens melden, im Kopf gibt es sieben Mikrophone zur genauen Bestimmung der Quelle eines Geräusches. Dadurch erweckt der Roboter die Illusion, er reagiere auf einen Menschen, wie ein echtes Lebewesen. 2006 stellte Sony das Projekt ein.¹¹⁸

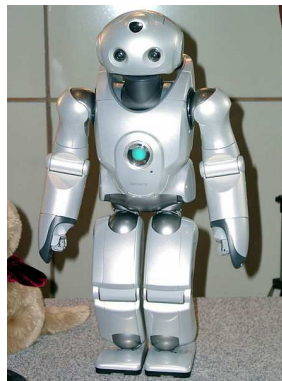


Abb. 35: QRIO Sony Roboter

Der „Armar 3“, 2008 entwickelt an der Universität Karlsruhe, ist ein Roboter der speziell für den Gebrauch in der Küche konzipiert wurde. Er bewegt sich mittels drei omnidirektionalen Rädern, sein Gesamtgewicht beläuft sich auf 250 Kilogramm. Fünf Hochleistungsrechner, 12 Steuerelemente, sechs Mikrophone und drei 3D Flächenlaserscanner sind in ihm verbaut um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. In seinen Kopf sind vier Kameras eingebaut, um die optische Erkennung von Objekten ermöglichen. Armar 3

¹¹⁸ Vgl. <http://ornella.iwr.uni-heidelberg.de/ROBOTICSLAB/TEACHING/HUMROB/v06.pdf>

bewegt sich völlig autonom und ist lernfähig, erkennt Objekte und ordnet diese zu.¹¹⁹

In diesem Zusammenhang ist noch der „Rollin Justin“, ein Projekt der DLR und weiterer Küchenroboter zu erwähnen.¹²⁰



Abb. 36: (links) „Armar 3“



Abb. 37: (rechts) „Rollin Justin“

4.1.5 Roboter: Diverses

Drei weitere Bereiche, in denen Roboter eine große Hilfe darstellen, sollen hier noch vorgestellt werden. Roboter aus dem Sportbereich, speziell Fußball, Roboter im Modellbau sowie Forschungsroboter.

Bei der ersten offiziellen RoboCup Weltmeisterschaft in Nagoya 1997, haben Roboter Aufsehen erregt, die Fußball spielten oder es zumindest versuchten. Dieses jährlich, stattfindende Spektakel soll Mitte des 21. Jahrhunderts Roboterteams bilden, die nach den Regeln der FIFA gegen den amtierenden (menschlichen) Fußballweltmeister bestehen könnte. Das Wissen was hier gewonnen wird, fließt selbstverständlich auch in andere Teile der Robotik ein und trägt sehr zur wissenschaftlichen Weiterentwicklung der Robotik bei. Einem Roboter die richtigen Befehle für ein Fußballspiel zu erteilen erscheint einem Menschen banal, ist jedoch ein ungeheuer diffiziler Vorgang, dieses Spiel einer Maschine nahe zubringen. Gerade die so genannte

¹¹⁹ Vgl. http://www.iain.ira.uka.de//index_id-188.html

¹²⁰ Vgl. <http://www.dlr.de/rm/en/desktopdefault.aspx/tabid-5471/>

„Agentenfunktionen“, also das Zusammenspiel mehrerer Roboter als ein Team, stellt die Programmierer immer wieder auf eine harte Probe. Während der Spiele könnten so viele neue Ideen gesammelt und kreative Neuansätze erprobt werden.

Die jährlichen RoboCup Weltmeisterschaften finden in mehreren Klassen statt, je nach Größe der Roboter. Außerdem gibt es eine reine Spielsimulation, völlig ohne Robotergehäuse, dabei ist allein der Aspekt der Künstlichen Intelligenz im Vordergrund und kann optimal untersucht werden.¹²¹

Für weiterführende Informationen siehe: Burkhard, Hans-Dieter 2003: Endspiel 2050 : wie Roboter Fußball spielen lernen, Hannover : Heise.



Abb. 38: Gewinner der Standard-Liga (2009)

Im Sportbereich gibt es weiterhin humaoide Kleinroboter die Sumokämpfe oder Tanzwettbewerbe abhalten. Kleinroboter die kämpferisch aufeinander losgehen, als beherrschten sie einen Kampfsport. Diese, kleinen Menschen ähnelnden, Roboter versuchen alle Arten von Sportarten nachzuempfinden und tragen weltweit Wettkämpfe aus.¹²²

¹²¹ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.424-431

¹²² Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.432

Der Bereich des Modellbaus umfasst den Nachbau von Automobilen, Schiffen, Fluggeräten und Unterwasserfahrzeugen in kleinerem Maßstab. Alle Arten von Fortbewegungsmitteln werden zu Testzwecken gerne zunächst als Modell gebaut. Diese Modelle dienen der Veranschaulichung der vorgestellten Technik in Wettbewerben. Mutige und kreative Ideen können so leicht anschaulich gemacht werden. Ferngesteuerte Modellautos sowie Segel- Motor- Rennboote und Unterwasserfahrzeuge, Hubschrauber, Flugzeuge oder Fesselluftballons werden zuerst als Modelle realisiert. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in den Bau lebensgroßer Modell ein. So wurden auf den Erkenntnissen zum Bau von Modellhubschraubern und Flugzeugen die heutigen militärischen Aufklärungsdrohnen gebaut. Auch in der Tiefsee wird verstärkt auf Robotertechnik, dem Modellbau von Kleinunterwasserbooten gesetzt. Überall an Orten die lebensbedrohlich für den Menschen sind, wird auf Roboter gesetzt. Aus dem Bereich des Modellbaus gehen viele sinnvolle, kreative Neuerungen hervor, die nach erfolgreicher Erprobung lebensgroßen Modellen zur Verfügung stehen.

4.1.6 Humanoide Roboter

Die menschenähnliche Konstruktion von Robotern hat neben einer psychologischen Komponente auch rein praktische Gründe. Nur so kann gewährleistet werden, dass sie eines Tages in der Lage sind alle Hilfsmittel und Werkzeuge die Menschen nutzen, auch selbst nutzen zu können. Seien es Werkzeuge wie Schraubendreher oder Bohrmaschinen oder einfach Fortbewegungsmittel, wie Fahrräder oder PKW. Für all diese Vorgänge, bis zu komplexen Handlungen, wie das Fliegen von Flugzeugen oder Hubschraubern, ist es nötig, den Robotern eine menschenähnliche Physiognomie zu geben. Da die Umwelt von Menschen bewohnt und genutzt wird und damit auch für

Sie angepasst ist, müssen zukünftige Generationen von Robotern diesen Umständen angepasst sein. Man begann damit, Roboter auf zwei Füßen laufend zu konstruieren.

Dieser Arbeit widmete sich ein 30-köpfiges Team der Firma Honda und vollbrachte nach 12-jähriger Forschung, (ab 1993) das Kunststück, einen Roboter zu erschaffen der aufrechten Ganges und auf zwei Füßen laufen konnte. Der „P1“ Roboter gilt als der Prototyp, der den zweibeinigen Gang bei Robotern etablierte.¹²³

Es folgten viele Nachfolgemodelle, rund um die Welt bauten Firmen und Universitäten humanoide Roboter. Japan nimmt im Bau von humanoiden Roboter die erste Stelle weltweit ein, nirgends sonst wird die Forschung an Robotern in diesem Maße durch Staat und Wirtschaft gefördert. Im November 2000 wurde der Roboter ASIMO von Honda vorgestellt. Dieser setzte neue Maßstäbe auf dem Gebiet der Konstruktion humanoider Roboter. Er war die Spitze einer langen Entwicklung von Roboter, dank neuester Techniken war er im Gegensatz zu seinen Vorgängern kleiner und leichter. ASIMO ist weltweit sehr populär, seine technischen Details haben heute einen Stand erreicht der zum Einsatz im Haushalt tauglich macht. Bei Weiterentwicklung der kognitiven Fähigkeiten und fortschreitender Modernisierung kann mit großer gesellschaftliche Akzeptanz für die neuen Helfer gerechnet werden.

Im März 2009 wurde am Nationalen Institut für Fortgeschrittene Industrewissenschaft und Technik bei Tokio die neueste Form der humanoiden Roboter vorgestellt: der „HRP-4C“, besitzt die Optik einer Roboterfrau. Während ASIMO äußerlich noch einem Astronauten ähnelte, so ist HRP-4C nun komplett einem Menschen nachempfunden. In ihrem Gesicht gibt es mehrere Motoren, die verschiedene Gesichtsausdrücke, wie Lachen, Ärger oder Neugierde

¹²³ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Kneesebek, S.121

nachstellen. Sie besitzt Haare und große Augen, die Ähnlichkeit zu einem Menschen ist verblüffend und die Entwicklung ist noch lange nicht abgeschlossen.¹²⁴



Abb. 39: (links) Roboterfrau HRP-4C

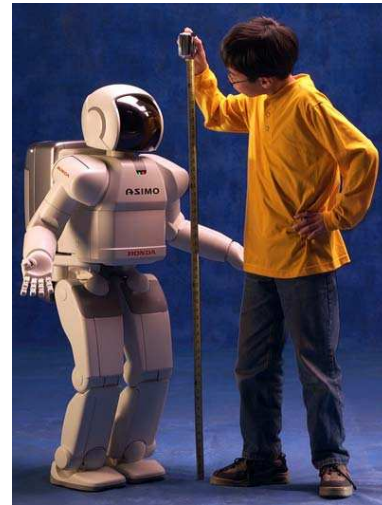


Abb. 40: (rechts) ASIMO

4.1.7 Roboter und Raumfahrt

Überall dort wo die Umgebung für den Menschen lebensbedrohlich ist, werden Roboter eingesetzt um dem Menschen den Weg zu ebnen. So auch in der Raumfahrt.

Erstmalig wurde 1965 im Zuge der Surveyor 5 Mission, eine Sonde für die Erkundung einer Planetenoberfläche ausgerüstet mit mechanischen Schaufel erfolgreich eingesetzt. Dies war der erste erfolgreiche Einsatz von Robotertechnik im Rahmen einer großen Weltraummission. Es folgten viele weitere Einsätze im All, bei denen Roboter den Astronauten als Handlanger dienten.

Intelligente Roboterarme können in Außeneinsätzen erfolgreich eingesetzt werden, wie z.B. auf der International Space Station (ISS). Auf der ISS werden Robotersysteme in vielen Bereichen eingesetzt,

¹²⁴ Vgl. http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2009/20090513/20090513.html

die den im Orbit stationierten Menschen das tägliche Leben erleichtern.

Bei Missionen zum Mond oder dem Mars wurden zur näheren Erkundung fast immer unbemannte Kleinfahrzeuge losgeschickt um Daten über die Bodenbeschaffenheit oder einfach nur zur Visualisierung der Planetenoberfläche zu liefern. Auch um Asteroiden oder Kometen zu erforschen werden Robotersonden verwendet.¹²⁵

Das europäische Weltraumteleskop „Herschel“, gestartet am 14. Mai 2009 sendete am 19. Juni 2009 erste Bilder. Die gesendeten Bilder liegen in einer nie da gewesenen Schärfe vor. Eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Herschel spielen auch zwei deutsche Institute: das deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Max-Planck-Institut für extra terrestrische Physik (MPE).¹²⁶

4.1.8 Roboter im Katastrophenschutz

Im Katastrophenschutz, Rettungs- und Bergungsdienst kommen intelligente Robotersystem ebenfalls immer häufiger zum Einsatz. Roboter die nach einem Erdbeben, einer Explosion oder in einem eingestürzten Gebäude nach Überlebenden suchen, müssen ein hohes Maß an Anpassungsfähigkeit mitbringen. Sie sollten klein genug sein um in Spalten oder Ritzen tief ins Zentrum des Einsturzes vorzudringen um nach Überlebenden zu suchen. Dafür stehen nach dem momentanen Stand der Technik mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. So gibt es Kleinroboter, deren Gesamtstruktur sehr reduziert ist und die mit einer Kamera ausgestattet auf die Suche gehen können. Ein anderer Ansatz besteht darin, einen Trägerroboter weitere kleine Roboter sich bergen zu lassen, welche an schwer zu passierenden Stellen die Suche fortsetzen und dem Mutterroboter

¹²⁵ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.257-300

¹²⁶ Vgl. http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-11/129_read-18016/

Daten übermitteln. Eine weitere Idee folgt dem Gedanken der Schwarmroboter: Kleinstroboter, die einzeln im Schwarm das Katastrophengebiet durchkämmen und sich vereinen um große Hindernisse als geschlossene Entität zu übersteigen. Bei Bedarf zerfallen sie wieder in viele kleine, individuell funktionierende Systeme.

Weiterhin gibt es Roboter, die in Gebäude eindringen und dort erkunden, ob Gase, Strahlung oder andere lebensbedrohliche Gefahren lauern, bevor menschliche Retter das Gebiet absuchen können.

In großen Katastrophen- und Krisengebieten werden kleine Helikopter, Flugzeuge, also Drohnen einzeln oder als Schwärme ausgesandt. Diese sind ausgestattet mit Kameras und Sensoren und übertragen bildhaft die aktuelle Situation zur Leitstelle bevor Bodenteams ihre Arbeit am Unfallort aufnehmen.¹²⁷

Roboter die Vulkane erklimmen, um an den Rändern der Krater Daten zu sammeln; Tiefseeroboter die unter enormen Druckverhältnissen wichtige Daten aufnehmen; Roboter als Frühwarnsystem oder zur Gefahrenerkennung: Sie alle beweisen den unschätzbaren Wert, den Roboter heute der Forschung bieten.

Beispielbilder für Rettungsroboter:



Abb. 41: Raupenroboter

¹²⁷ Vgl. <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-9870-2009-05-05.html>

4.2 Roboter im militärischen Bereich

Am Ende des kalten Krieges wurden die Abrüstungspläne umgesetzt und man konzentrierte sich auf die Erforschung effektiverer Waffensysteme, die nicht mehr die Massenvernichtung zum Ziel hatten. Stattdessen begann man mit der Erforschung von intelligenten Waffensystemen zur zielgerichteten Kriegführung mit minimalen Kollateralschäden.

In den folgenden Jahren zogen alle modernen Armeen der Welt nach und bestückten ihre Streitkräfte mit Robotersystemen.

So entstanden in einer Reihe von Forschungsprojekten völlig neue Arten von Waffensystemen, Panzerungen, Fahrzeuge und Elektronik. Es wurden unbemannte Flugdrohnen, Unterwasserboote und verbesserte Kommunikationsmittel oder Minensuch-/Räumroboter sowie autonom laufende Tragegestelle um Lasten zu tragen entwickelt. Die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) eine Behörde des Verteidigungsministeriums der USA, vergibt weltweit die meisten Aufträge in puncto Militärrobotik. Innerhalb bestimmter Zielsetzungen, die erfüllt werden müssen, ist viel Platz für kreative Ideen der Forscher.

4.2.1 Militärroboter zu Land

Für Krisen und Konfliktherde wurde die Entwicklung von Bombensuchrobotern stark vorangetrieben. So entstanden viele Modelle mit der Fähigkeit, Bomben oder Sprengfallen zu finden.

Die US Armee setzte 2004 im Irak den „PackBot“ von iRobot ein um damit erfolgreich nach Sprenggefahren zu suchen.



Abb. 42: Packrobot von iRobot

Speziell für Minenfelder wurden Spezialroboter entwickelt, die völlig autonom oder halbautomatisiert (ferngelenkt) ein Gebiet nach Minen absuchen und diese auslösen.

Die Waffentechnik der Infanterie wurde in den vergangenen Jahren rundum verbessert, in den modernen Schutzhelmen befinden sich jetzt GPS-Systeme, Infrarot-Nachtsichtgeräte sowie innovativste Kommunikationsgeräte.

Die Schusswaffen wurden mit intelligenten Systemen versehen, so dass sie über eine erhöhte Treffsicherheit verfügen. Tragbare Raketenwerfer mit hoch präziser Lenksteuerung sind in der Lage fast alle Ziele auf Entfernung sicher zu treffen und zu zerstören.

Fortschritte in der Panzerungs-, Materialforschung beschenken die Soldaten auf dem Feld Rüstungen die noch widerstandfähiger gegen Beschuss sind.

Exoskelette, getragen am Körper, gehören die Körperkraft von Soldaten um ein Vielfaches, damit sind diese in der Lage, ohne große Anstrengungen weite Strecken zu laufen und sehr schwere Lasten zu tragen.¹²⁸

¹²⁸ Vgl. <http://bleex.me.berkeley.edu/bleex.htm>



Abb. 43: Berkeley ExoSkeleton – BLEEX

Neuartige Transportsysteme sorgen dafür das Lasten im Feld von Robotern getragen werden. Der mit vier Füßen ausgestattete „BigDog“ von Boston Dynamics, eine Trageplattform, ist in der Lage bis zu 200 Kilogramm zu schultern. Der eingebaute CPU berechnet komplexeste Gehvorgänge, was der Trageplattform ermöglicht, auf fast allen Untergründen zu marschieren; auf Eis, matschigem Untergrund oder Steigungen bis zu 35 Grad. Neuste Modelle können sogar Spalten durch gezielte Sprünge überwinden und sie folgen einem Soldaten bei entsprechender Programmierung völlig autonom.¹²⁹

Es braucht nicht viel Fantasie, um sich vorzustellen, dass auf dieser Trageplattform alle Arten von Waffensysteme montiert werden können und damit einen unglaubliche Vielfalt von tödlichen Waffen im freien Felde erreicht werden kann, ohne dass die eigenen Truppen gefährdet werden.

¹²⁹ Vgl. http://www.bostondynamics.com/robot_bigdog.html



Abb. 44: BigDog von Boston Dynamics

Die Programmierung von Roboterschwärmen ist eine ganz besondere Herausforderung. Ziel ist es, viele einzelne Roboter zusammenarbeiten zu lassen, um ein Ziel zu erreichen. Im Jahr 2004 wurde das Projekt „Centibots“, das in Zusammenarbeit mit SRI International, Stanford University, University of Washington und ActivMedia, im Auftrag der DARPA durchgeführt, vollendet. Die Aufgabe war, Roboterschwärme in ein Haus eindringen zu lassen um dort ein bestimmtes Objekt zu finden. Das Team ging die Aufgabe wie folgt an: ein Kollektiv von Robotern, speziell für die Aufgabe des Kundschaftens und Kartographisierens ausgerüstet, bahnte sich einen Weg ins und erforschte es. Dabei wurden genaue Lagekarten angefertigt. Als die Phase der Kartographisierung abgeschlossen war, schickte man ein zweites Team Roboter in das Haus. Geleitet anhand der Umgebungsdaten des ersten Schwarms Die zweite Welle hatte nun die Aufgabe, die Umgebung nach dem gewünschten Objekt abzusuchen. Bei Sichtung des gesuchten Objektes, rückte der dritte Schwarm Robotern an, die das Objekt unter ständiger Beobachtung hielten und es schützten. Bemerkenswert: die Scharmroboter agierten für sich völlig autonom. Wenn bei einem der Strom ausging, suchte er eigenständig nach einer Lademöglichkeit, während seine Aufgabe sofort von einem anderen Schwarmroboter übernommen wurde. Beim Abreißen der Kommunikation zur Leitstelle zog sofort ein Roboter los, um die Funkverbindung wieder herzustellen. Im Bereich der

künstlichen Intelligenz wurde mit diesem Projekt ein Meilenstein gesetzt.¹³⁰

Nach diesem Projekt versuchte man sich an Systemen, die fahrende Wagenkolonnen koordinieren konnten, so dass ein menschlicher Fahrer die Kontrolle über einen gesamten Militärtransport besitzen konnte.

Weiter versuchte man das Schwarmprinzip auf Flugdrohnen zu übertragen, 2009 gab es dazu eine Pressemitteilung, dass nun solch eine Software zur Verfügung stünde.

Halbautonome oder vollautonome, bewaffnete Robotersysteme sind keine Zukunftsmusik mehr.



Abb. 45: mobile Waffenplattformen

4.2.2 Militärroboter zur See

Auch auf und unter See werden verstärkt Robotersysteme für militärische Operationen genutzt. Unbemannte U-Boote werden eingesetzt um bspw. Wasserminen zu suchen und zu neutralisieren. Die U-Boote werden auch genutzt um Kommunikations- und Kontrollsysteme in Position in Stellung zu bringen, ohne von feindlichen Einheiten entdeckt zu werden. Über diese versteckten

¹³⁰ Vgl. <http://www.ai.sri.com/centibots/>

Kontrollsysteme ist es dann möglich, Raketen oder unbemannte Flugobjekte auf kurze Distanz zu steuern und zu kontrollieren.

4.2.3 Militärroboter zur Luft

Im frühen 21. Jahrhundert nutzt fast jede moderne Armee unbemannte Drohnen zur Aufklärung. Es gibt Kurz-, Mittel- und Langstreckenaufklärer, die in verschiedenen Höhen operieren können. Diese Drohnen tragen Namen wie „Global Hawk“, „MQ-1 Predator“, „MQ-9 Reaper“. Die neuste bekannte Angriffsdrohne heißt: „General Atomics Avenger (Predator C)“ von Hersteller General Atomics Aeronautical Systems. Unbemannte Drohnen werden also nicht nur zur Aufklärung genutzt, sondern auch zum gezielten Angriff. Bestückt mit Raketen sind diese Drohnen effiziente Krieger der Lüfte, ohne dass Einheiten der eigenen Truppe in Lebensgefahr geraten.



Abb. 46: MQ-9 Reaper (unbemannte Drohne)

Unbemannte Aufklärungshubschrauber werden eingesetzt um gesperrte Gebiete zu sichern, Kleinflugdrohnen werden zur Erkundung unbekannter Gebiete oder Gebäude eingesetzt. Im Erdorbit werden Satelliten mit unterschiedlichsten Aufgaben, bspw. Abwehr oder Spionage eingesetzt.



Abb. 47: Überwachungsflugdrohne

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die Robotik zunehmend zu einem Schlüsselbereich der Wirtschaft und einen immer vielfältiger werdenden Wissenschaftsgebiet entwickelt. Die Geschwindigkeit der Entwicklungen in der klassischen Produktionsautomatisierung wie auch bei den Servicerobotern nimmt vehement zu. Immer neuere Bereiche werden erschlossen die sich erst nach längerfristiger Umsetzung praktisch nutzen lassen. Die enormen Fortschritte der Leistungsfähigkeit der Sensorik mit sinkenden Kosten für Rechnertechnik bewirken einen massenhaften Einsatz komplexester Sensorsysteme, so dass man getrost von einer Ära der kognitiven Robotersysteme reden kann.¹³¹

¹³¹ Vgl. Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik 2008: Robotik 2008 : Leistungsstand, Anwendungen, Visionen, Trends, Düsseldorf : VDI-Verl., S.1

5. Umgang mit Robotern in der Gesellschaft

Das aufgeklärte, säkularisierte und damit sehr kritische Europa steht der rasanten Entwicklung in der Robotertechnik verhalten gegenüber. Geprägt durch Literatur und Film, in denen es immer wieder zum Eklat zwischen Menschen und Maschinen kommt, ist die westliche Hemisphäre für die „Revolution der Roboter“ kein fruchtbarer Boden. Schlagzeilen wie „Roboter vernichten Arbeitsplätze“ tragen in der Öffentlichkeit nicht zur Akzeptanz der neuen Technologie bei. Doch die Regierungen Deutschlands und Europas haben die Zeichen der Zeit erkannt und stecken hohe Summen an Forschungsgeldern in die Entwicklung von Servicerobotern. In allen großen Instituten haben kreative Köpfe neue Lösungen und Ideen, was Deutschland auf dem Gebiet der Serviceroboter zu einem der weltweit führenden Entwickler macht. Bei der Entwicklung von Robotern mit kognitiven Fähigkeiten besitzen europäische Forscher und Ingenieure weltweit ein hohes Ansehen. Nichts desto trotz fristen die meisten Roboter in Deutschland ihr Dasein in großen Fabrikhallen oder Laboren, abgeschirmt von der Öffentlichkeit. Momentan wird nicht viel für eine breite Akzeptanz neuer Robotertechnologien in der Bevölkerung getan. Jedoch darf davon ausgegangen werden, dass sich dies im Laufe der kommenden Generationen Schritt für Schritt ändern wird. In anderen Ländern, siehe Japan, hat sich die gesellschaftliche Akzeptanz bezüglich Robotern völlig anders entwickelt. Dort besitzen Automaten, deren Nachfahren Roboter sind, einen viel höheren Stellenwert als in Europa. Die Gründe dafür finden sich in mancher Hinsicht in der Shinto-Religion, in welcher die Vorstellung, dass jedem Ding, jeder natürlichen oder künstlichen Mechanik eine Seele/Geist (Kami) innewohnt, vorherrscht. Mit dem Aufkommen der ersten Automaten bauten Japaner schon hochkomplexe Miniatur-Tanzpuppen. Diese Tradition hat sich bis heute gehalten. Japan ist eines der Länder welches finanziell liquide, den größten öffentlichen

Rückhalt bei der Entwicklung humanoider Roboter hat. Außerdem hat die Akzeptanz der neuen Technik in Japan auch einen ganz praktischen Hintergrund. Ein Fünftel der Bevölkerung ist über 65 Jahre alt. Japan leidet unter einem starken Mangel an Arbeitskräften bei einer immer älter werdenden Bevölkerung, weshalb das Land hochgradig an einer robotischen Revolution interessiert ist. So werden in Japan schon heute Roboter genutzt um pflegebedürftige Menschen zu füttern. Die Beziehung zwischen Mensch und Roboter ist vor diesem Hintergrund in Japan positiv besetzt. Die soziale Gradwanderung zwischen diesen doch so ungleichen Wesen wird im 21. Jahrhundert zu einem diskussionswürdigen Sujet werden an dem keine Gesellschaft dieses Planeten vorbei kommt.

Auch hierzulande stehen wir vor dem Problem des geringen Pflegepersonals. Da das Thema Pflegeroboter schon in den Medien ansatzweise thematisiert wurde, hielt die Deutsche Ärztekammer zu diesem Thema eine Umfrage ab. Der inhaltliche Kernpunkt war die Frage, ob man sich vorstellen könne im Alter von Pflegerobotern umsorgt zu werden. Mehrheitlich wurde dies abgelehnt und sogar angegriffen. Die hauptsächlichen Gegenargumente waren, dass eine Maschine kaum Wärme oder Obhut geben könne und man sich mit ihr nicht wirklich austauschen könne, geschweige denn seelischen Beistand zu erwarten hätte, weshalb die größten deutschen Hersteller von Pflegerobotern immer wieder darauf hinweisen, dass ihre Roboter ausschließlich unterstützender Natur seien. Dem Pflegepersonal soll bei einfachen Aufgaben geholfen werden, damit mehr Zeit für den einzelnen Patienten und eine würdevolle Betreuung zu Verfügung steht.

Diese Umfrage sollte jährlich wiederholt werden, da mit den Verbesserungen der Robotertechnik auch immer qualifiziertere Modelle auf den Markt kommen. Man darf hoffen, dass sich auch die Meinung der zu Pflegenden oder der zukünftig zu Pflegenden ändern wird.

Im Anhang finden Sie einen Umfragebogen zum Thema Pflegeroboter, der für solch eine Erhebung verwendet werden kann. Dieser ist im Zusammenhang mit dieser Diplomarbeit entstanden.

Die christliche Kirche sieht in der kommenden Ära der autonom agierenden Androiden eine Gefahr für die menschliche Rasse. Aus ihrer Sicht steht die Einzigartigkeit des Menschen auf dem Spiel. Mit dem Bau des ersten, sich frei entscheiden Roboters mit Bewusstsein könnte das ganze menschliche Sozialgefüge zusammenbrechen, welches auf dem universalen Wert des Menschen beruht. Der Entwicklung in Bezug auf die biotechnische Revolution u. a. der Gentechnik und möglicherweise kommender Selektierung des Erbgutes sieht die Kirche äußerst differenziert entgegen.¹³²

Sicherlich gibt es viele Gründe zur Vorsicht, aber genauso sicher ist es, dass mit der stoischen und dogmatischen Haltung der christlichen Kirche eine Lösung der dringendsten Aufgaben auf diesem Planeten unmöglich ist. Die Berufung auf die Einzigartigkeit des Menschen stellt in diesem Zusammenhang ein Rudiment dar, welches nicht mehr in unsere darwinistisch-säkulare Welt passt, in der das Überleben vom Fortschritt abhängt.

¹³² Vgl. http://www.kircheundgesellschaft.de/ikg/documents/Robotik_Vorwort.pdf

6. Verantwortung im Umgang mit der Robotik - Ethische Grenzen

Im 21. Jahrhundert ist eine Neujustierung aller geltenden Regeln und Maßstäbe für das menschliche Miteinander zu erwarten. Die Informationsrevolution ist in vollem Gange und erfordert zwingend ein Überdenken der ethischen Regeln innerhalb der modernen Informationsgesellschaft.

Die Grundlage der vollzogenen Informationsrevolution basiert auf der massenhaften Verbreitung von Mikroprozessoren, doch begann sie mit der Erfindung des Telegrafen, 1934. Erstmals war es möglich, Informationen zeitgleich an vielen verschiedenen Orten zu übermitteln. Mit dem massenhaften Zugang zu Telefonen für eine breite Öffentlichkeit setzte sich diese Richtung fort. Als in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts elektronischen Vermittlungsstellen eingeführt wurden, breitete sich das Telefonnetz weltweit aus. Damit war es nun möglich von jedem Ort aus jede Nummer weltweit anzurufen. Eine gigantische Menge an Wissen konnte so jederzeit ausgetauscht werden. Der sich entwickelnde Computer und das daraus resultierende Internet gaben der Informationsrevolution, also der verbesserten Verbreitung von und dem freien Zugang zu Informationen, weiteren Aufwind. Durch die weltweite Nutzung des Internet brachen ganze Bereiche der Dienstleistungskette, wie zum Beispiel: Reisevermittlung, Bankgeschäfte oder Tageszeitungen zusammen und verlagerten sich immer mehr ins Internet. Heutzutage prüfen und kaufen viele Menschen über das Internet ein oder organisieren ihre Reisen und Bankgeschäfte online. Das Internet stellt ein völlig neues Medium dar, welches den Menschen die Vermittlung von Informationen, Kommunikation und kommerzielle Nutzung auf neue Art ermöglicht.

Diese rasante Veränderung vollzog sich für die Menschheit in nie da gewesener Geschwindigkeit. Der Prozess der Ackerbaurevolution vor

ca. 10.000 Jahren, der darauf folgenden zivilisatorischen Revolution (ca. vor 5500 Jahren) und die industrielle Revolution Anfang des 17. Jahrhunderts waren jeweils von langfristig reifenden Vorgängen gekennzeichnet, denen lange Phasen der Etablierung folgten. Anders bei den neuzeitlichen Revolutionen, die der Menschheit immer schnelleres Umdenken und Neuorientierung abverlangen.

Zwei weitere Revolutionen stehen der Menschheit ins Haus, mit großen Fortschritten auf dem Gebiet der Robotik. Eine Roboterrevolution ist unausweichlich. Diese steckt noch in ihren Anfängen, doch sind alle Grundlagen gelegt. Unter Betrachtung des Ausmaßes der bisherigen Entwicklung auf diesem Gebiet, scheint es nur noch einen Frage der Zeit.

Dicht gefolgt von dieser Entwicklung wird sich eine biotechnische Revolution anschließen. Die Folgen der Gen-, Nano-, Kybernetik- und Bionikforschung werden der Menschheit ein neues Gesicht geben.¹³³

Eines der Stichworte im Zusammenhang mit der Informationsgesellschaft ist deren Informationsethik. Unter Informationsethik versteht man Ethik in elektronischen Räumen die vom Umgang mit Wissen und Information bestimmt sind. Das Herausbilden einer Informationsethik ist zu Beginn des 21. Jahrhunderts unverzichtbar geworden. Ebenso wie die Entwicklung einer Cyberethik die in einer nicht allzu fernen Zukunft die Verhaltensregeln von Maschinen, deren Rechte und Pflichten in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien elektronischer Räume festlegt. Informationsethik bezieht sich aber weiterhin auf die menschliche Ethik innerhalb der von Informationen geprägten Umgebung. Es müssen völlig neue Regeln im Umgang mit Wissen und Informationen in den alles durchdringenden elektronischen Lebenswelten geschaffen werden. Ein Scheitern kann sich die heutige Gesellschaft nicht

¹³³ Vgl. Brooks, Rodney Allen 2005: Menschmaschinen : wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl., S. 14-19

erlauben. Es drängt sich die Frage auf, wem das Wissen, wem die Information gehören¹³⁴.

Wer überwacht, kontrolliert und filtert Wissen, mit welchen Beweggründen?

In der Praxis ist festzustellen, dass das Internet, Unmengen an Wissen und Informationen beherbergt, eine scheinbare Informationsautonomie, doch weiterführende seriöse, wissenschaftliche Literatur, Forschungsdaten wie z. B. eJournals oder neuste wissenschaftliche Erkenntnisse befinden sich meistens hinter Datenbanken oder anderen nicht frei zugänglichen Barrieren. Es stellt sich die Frage, ob Informationen tatsächlich frei verfügbar sind oder ob sich nur noch wenige die wirklich relevanten Informationen leisten können?

Ist es eine Zugangsfrage geworden, gar eine finanzielle Frage?

Unter diesen Umständen kann es zu einer Zweiklassengesellschaft kommen. Die Grundsätze des freien Zugangs an Informationen und Wissen für Jeden stehen auf dem Spiel. Dieser künstliche Verknappung von Wissen durch kommerzielle Aneignung und Vermarktung stehen die „Free and Open Software“ und „Open Access“ Bewegungen entgegen.

Ein weiteres Problemfeld stellt die ungehemmte Verbreitung von Informationen im Internet dar. Damit ist das uneingeschränkte zur Verfügungsstellung von gewaltverherrlichenden, kriminellen, rechtsextremistischen, terroristischen, sexistischen und gar pädophilen Inhalte gemeint. Die Herausforderung respektive Gradwanderung besteht darin, mit diesen Problemfeldern umzugehen, ohne die Grundrechte der Meinungs- und Informationsfreiheit einzuschränken. Es ist zu vermuten, dass sich unter dem Einfluss von Medien und Technologien der Information und

¹³⁴ Kuhlen, Rainer 2004: Informationsethik : Umgang mit Wissen und Information in elektronischen Räumen, Konstanz : UVK-Verl.-Ges., S. 10

Kommunikation auf alle Lebensbereiche eine neue Art der Öffentlichkeit und demokratischen Mitbestimmung entwickeln wird. Möglicherweise wird sich in der Zukunft, gestärkt durch den „Weltgipfel zur Informationsgesellschaft“ (WSIS), eine neue Menschenrechtserklärung (Bill of rights) zum Thema ethische Grundlagen für das normative Verhalten im Cyberspace entwickeln.¹³⁵

Es gilt zu prüfen ob aktuelle Gesetzestexte ihrer Bedeutung der neuen Anforderungen an die Gesellschaft gerecht werden können, unter Berücksichtigung der Interessen der Menschen und nicht der Wirtschaft.

Im Rahmen der 2004 stattfindenden weltgrößten Robotermesse „Robot Fair“ in Japan hieß es in einer offiziellen Erklärung:

- 1- Die Roboter der nächsten Generation werden partnerschaftlich mit dem Menschen zusammenleben.*
- 2- Sie werden Menschen auf physischer und psychischer Ebene unterstützen.*
- 3- Sie werden zum Aufbau einer sicheren und friedlichen Gesellschaft beitragen.¹³⁶*

Diese Verlautbarung spiegelt das Denken der meisten japanischen Forscher auf dem Gebiet wieder, welches sich durch einen starken Idealismus auszeichnet. Doch ist Vorsicht geboten. Jeder Roboter, im Frieden zu zivilen Zwecken gebaut, kann umprogrammiert werden und für die Vernichtung von Leben genutzt werden.¹³⁷

Damit sind wir in der dämmernden Revolution der Roboter angekommen. Der jahrhundertealte Wunsch der Menschheit,

¹³⁵ Vgl. Kuhlen, Rainer 2004: Informationsethik : Umgang mit Wissen und Information in elektronischen Räumen, Konstanz : UVK-Verl.-Ges., S. 9-19

¹³⁶ Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S. 495

¹³⁷ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S. 495

künstliche Wesen zu erschaffen, beginnt langsam Formen anzunehmen. Maschinen werden immer autonomer auf Gebieten an denen zur Zeit der industrielle Revolution noch gar nicht zu denken war. Diese neue Generation von Robotern überwacht jetzt die Produktionsabläufe. Eine Tätigkeit, die in den letzten 200 Jahren fest in menschlicher Hand war, damit werden immer weniger Menschen benötigt um industrielle Herstellungsprozesse zu kontrollieren. Es zeichnet sich ab, dass die kommenden Modelle von Robotern solch ein Maß an Autonomie erreichen werden, dass sie sich in unstrukturierten Umgebungen zu Recht finden. Damit würde eine Situation geschaffen, in der der Mensch in gewissen Bereichen entbehrlich wird.¹³⁸

Die Weiterentwicklung von autonomen Universalrobotern wird zu einer fundamentalen Revision der gesellschaftlichen Akzeptanz künstlichen Lebens führen.

Daraus ergibt sich gegenwärtig eine Verantwortung, der sich auch der einzelne Mensch nicht entziehen kann. Die Gesellschaft muss sich dieser Verantwortung bewusst werden.

Was ist damit gemeint?

Jeder Forscher im Kontext Robotik muss sich fundamentalen Fragen stellen: Wie werden meine Erfindungen genutzt?

Sind sie nachhaltig?

Können sie von Dritten für eigene Zwecke missbraucht werden?

Bei so manchem Wissenschaftler vermisst man die Weitsicht, die Auswirkungen seiner Projekte nachvollziehen zu können.

Viele sind nur auf Ihre Reputation und schnellen Profit ausgerichtet.

Forschende müssen Verantwortung für ihr Tun und ihre Erfindungen übernehmen. Dasselbe trifft auch auf Entwickler von Software zu.

Wissen diese, wofür ihre Programme später genutzt werden?

¹³⁸ Vgl. Brooks, Rodney Allen 2005: Menschmaschinen : wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl., S. 19

Mehr Transparenz ist von Nöten. Es stellt sich die Frage nach der Intention: Möchte man den totalen technologischen Wildwuchs in Kauf nehmen oder soll die Forschung kontrolliert werden, was jedoch die Wissenschaft blockieren dürfte und innovationsfeindlich wäre. Hier einen moralischen, nachhaltigen und ökonomischen Mittelweg zu finden, ist eine große Herausforderung.

Es ist eine Tatsache, dass die größten technologischen Fortschritte der Menschheit durch Kriege und Konflikte erzielt wurden, diese jedoch auch eine zivile Verwendung und Weiterentwicklung erfuhren. Es scheint in der Natur des Menschen zu liegen, unter extremem Druck brillianteste Erfindung kreieren zu können. Und die Möglichkeit, aus einem Konflikt siegreich hervorzugehen, hat die Herrschenden immer motiviert, der Wissenschaft den Weg zu ebnen und beste Forschungsvoraussetzungen zur Verfügung zu stellen.

Als ein trauriges Beispiel aus der modernen Kriegführung, im Jahr 1988 kann hier der Abschuss eines iranischen Airbus über dem persischen Golf angeführt werden. Der Grund dafür war ein Versagen der Freund-Feinderkennung der Radarsysteme. Binnen weniger Sekunden musste der Befehlshabende eine Entscheidung treffen, wie er mit dem nicht identifizierten Flugobjekt umzugehen habe. Es wurde entschieden den Airbus abzuschießen, dabei kamen 290 Personen ums Leben. Resultierend aus dem Vorfall wurde der befehlhabende Offizier entfernt und stattdessen eine verbesserte autonome Zielerkennung eingesetzt. In der gesamten modernen Kriegsmaschinerie zeichnet sich der Trend ab, die Verantwortung des Einzelnen auf Computersysteme zu übertragen. Das bewirkt eine gefährliche Verschiebung der Verantwortung auf die künstliche Intelligenz und senkt die Hemmschwelle zum Töten!

Die Kriegführung nähert sich systematisch der Virtualität eines Computerspiels an, sei es der Bombenabwurf aus großer Höhe oder

das Steuern von unbemannten Angriffsdrohnen: der auslösende Mensch, sofern überhaupt vorhanden, befindet sich selbst in Sicherheit, drückt auf Befehl ab aber spürt und sieht nichts von den verheerenden Ereignissen seiner Tat.¹³⁹

Damit wird das dem Menschen immanente Mitleid, die natürliche, uneigennützig und allein wirklich moralische Triebfeder ethischen Handelns¹⁴⁰, durch ein Fehlen der Unmittelbarkeit aufgehoben.

Heutzutage sind unbemannte Unterwasserfahrzeuge, Landfahrzeuge und Flugobjekte leicht zu realisieren. Im zivilen Bereich eine Bereicherung, sind diese Möglichkeiten doch im militärischen Umfeld äußerst kritisch zu beobachten. Denn die große Frage: wer gibt den Schießbefehl bei autonomen Kriegssystemen?

Wie kann eine Maschine zwischen Zivilisten und Soldaten unterscheiden. Wie viel Autonomie wollen wir solchen Kriegsmaschinen zugestehen?

Wenn es möglich wäre, derartigen Robotern das anthropologische Wertesystem zu implantieren, sollte, zumindest theoretisch, ihrem Einsatz nichts im Wege stehen. Die Implizierung eines moralischen Wertesystems könnte sich jedoch recht schwierig gestalten, da z.B. von den Asimovschen Gesetzen ein Wertekonflikt nicht erfasst wird. Müsste ein Roboter seinem menschlichen Herrn nicht die Zigarette verwehren, um im Einklang mit Gesetz Nummer eins Schaden von ihm abzuwenden?

Wie steht es um rechtliche Grundlagen bei Vergehen durch autonome Maschinen?

Was ist, wenn die erste Kriegsmaschine ohne einen „Abschalte-Knopf“ gebaut wird?

Denn dieser würde im Feld unter Feinden nur wenig Sinn machen. Die Verantwortung der Gesellschaft, gerade diesen sensiblen Themen

¹³⁹ Vgl. Weizenbaum, Joseph 2006: Wo sind sie, die Inseln der Vernunft im Cyberstrom? : Auswege aus der programmierten Gesellschaft, Freiburg im Breisgau ; Basel ; Wien : Herder, S. 32-37

¹⁴⁰ Vgl. Schopenhauer, Arthur 2005: Über das Mitleid / Arthur Schopenhauer, [München] : Beck, S.77

gegenüber, verlangt von jedem Einzelnen, Wachsamkeit und Wahrnehmung seiner demokratischen Mitbestimmungsrechte.

Wie soll weiter mit der steigenden Zahl der Arbeitslosen umgegangen werden, im Hinblick auf die weitere Entwicklung von Robotern?

Durch die weiter fortschreitende Autonomie der Universalroboter sind diese in der Lage, immer mehr Arbeitsbereiche zu übernehmen, was eine hohe Anzahl von Arbeitsplätzen kosten wird. Doch was geschieht dann?

Mit der Geschwindigkeit in der Roboter entwickelt werden, werden wir nicht in der Lage sein, neue Arbeitsplätze zu generieren. Beginnt dann für die Menschheit das große Taumeln, soll heißen jeder hat dann Freizeit wie im Paradies. Das heute bekannte ökonomische, marktwirtschaftliche und soziale Gefüge, muss neu strukturiert werden. Wenn die Arbeitskraft des Menschen für die Produktion von Nahrung und Verbrauchsgegenständen überflüssig wird, werden wir dann alle Forscher?

Neue Arbeitsmodelle müssen her, Hartz IV oder Bürgergeld für alle?

Mit so vielen Freiräumen, bisher ohne konkrete Zielsetzung ist vieles für unsere Gesellschaft möglich. Ewige Freizeit für alle, Bildungsgesellschaft, oder Anarchie?

Gremien, Kontrollorgane oder Wächter der Vernunft: die Balance zu halten zwischen technischem Fortschritt und der Entwicklung des humanistischen Bewusstseins des Individuums wird die große Aufgabe des 21. Jahrhunderts. Ein erster Schritt war mit der Gründung der „Akademie für Technikfolgenabschätzung“ in Baden Württemberg getan, gegründet 1992. Diese Institution, unabhängig von Wirtschaft und Politik, hatte zur Aufgabe, vorhandene Technologien auf ihre Nachhaltigkeit und Zukunftsauswirkung zu prüfen. Leider wurde die Akademie 2003 geschlossen, der Grund: es wurden keine finanziellen Mittel mehr bewilligt.

Im Jahr 2004 schlossen sich Institutionen und Personen der deutschsprachigen TA-Gemeinschaft (TA steht hier für Technikfolgenabschätzung) in einem Netzwerk TA zusammen. Dieses Netzwerk besteht aus Experten, Wissenschaftern und Praktikern aller Wissensgebiete, die sich zusammengeschlossen haben im breit verstandenen Themenfeld der TA.¹⁴¹

Wie bereiten wir die Gesellschaft auf den Umgang mit kommenden Generationen autonomer Universalroboter vor?

Festzustellen ist dass eine breite Öffentlichkeit gar nicht mitbekommt, wie weit die Entwicklungen auf dem Gebiet der Robotik sind. Möglich, dass es Elemente gibt, die eine breite Aufklärungskampagne noch verhindern. Welche mentalen und sozialen Prozesse muss die Gesellschaft durchlaufen um diese neue Realität zu verarbeiten?

Der positive Bezug der japanischen Gesellschaft zu Robotern ist über einen längeren Zeitraum gereift. In Europa kann die Aufklärung nur Schritt für Schritt vonstatten gehen. Transparenz auf dem Gebiet der Robotik und eine verbesserte Bildung auf den zukunftsweisenden Forschungsgebieten sind ein Anfang.

Die biotechnische Revolution wird nicht lange auf sich warten lassen. Die Forschungsgebiete der Nanotechnologie, Genforschung, Bionik und Kybernetik werden in der Zukunft unsere Körper vermutlich auf ungeahnte Weise verändern. All unsere erdachten, erbauten Maschinen werden dann völlig neue Möglichkeiten zur Verfügung stellen.¹⁴²

Es stellt sich die Frage nach einer neuen Ethik in der modernen Medizin. Der Gencode des Menschen ist nahezu vollständig entschlüsselt. Daraus ergibt sich die Möglichkeit gezielter Manipulationen des Erbmaterials, um bestimmte Merkmale oder

¹⁴¹ Vgl. <http://www.netzwerk-ta.net/>

¹⁴² Vgl. Brooks, Rodney Allen 2005: Menschmaschinen : wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl., S. 19

Eigenschaften hervorzuheben oder zu unterdrücken. Was wiederum bedeutet, dass einige genetische Fehler und vererbte Krankheiten im Vorfeld verhindert werden könnten. Weitergehend wird es möglich sein den Gencode so zu verändern, dass alle Arten von Fähigkeiten und Funktionen eines Menschen justierbar sind. Die Folgen daraus sind schwer abzuschätzen. Denkbar ist dass sich der Gradient des sozialen Gefälles der Gesellschaft stark erhöht, da die genannten Manipulationen welcher mit einer Übervorteilung einhergehen einer elitären Gruppe vorbehalten bleiben. So wird die Frage, was wir Menschen eigentlich sind, was uns existenziell zu Menschen macht immer dringender zu beantworten. Wenn Fragen der Nachhaltigkeit, der Moral, und der Erhaltung des sozialen Gefüges in dieser Diskussion ungenannt bleiben, könnten bald einige dystopischen Visionen Wirklichkeit werden.

Der heutige Streit um genmanipulierte Nahrungsmittel zeigt wie kontrovers solche Themen diskutiert werden können, so denn sie einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Es liegen noch keine ausreichenden Langzeitergebnisse vor, wie sich der Verbrauch genmanipulierter Nahrung auf die Umwelt, und die menschliche Physis auswirkt. Oft wird die Ethik den Gesetzen der Ökonomie unterworfen. Doch liegt es in der Hand der freien Bürger mitzubestimmen, wie der Umgang mit den neuen Technologien gehandhabt wird.

7. Humanoide Wesen und Roboter in der Literatur

In den Hinterlassenschaften vieler alter Kulturen fanden sich Hinweise auf Technologien die auf den Bau künstlicher Wesen mit menschlichen Zügen schließen lassen, so beispielsweise in den Mythologie der Sumerer, der Ägypter, der Chinesen und in einigen afrikanischen Legenden. Eine grundlegende Frage die die Menschen seit dem Anbeginn von Zivilisationen beschäftigt ist: kann der Mensch ein Ebenbild von sich erschaffen und sich damit dem Schöpfer gleich machen, ohne dabei den göttlichen Zorn zu erregen?

Im Hinblick auf die kolportierte Erbsünde Adams und Evas, in einer christlich geprägten Kultur: Wie kann ein Gott es zulassen, dass wir Menschen uns mit Hilfe selbst erschaffener Kreaturen der Schuld gegenüber dem Schöpfer entledigen, ohne dass wir die allgemeine göttliche Ordnung beeinträchtigen?

So ist der Gedanke an der Schaffung eines künstlichen Menschen in der Literatur immer konnotativ mit der christlich konstatierten Hybris und den daraus resultierenden Konsequenzen verbunden. Doch gab es auch Autoren, die solch eine düstere Sicht nicht teilten. So schreibt Homer im 8. Jahrhundert v. Chr., im 18. Gesang der „Ilias“ von goldenen Dienerinnen, denen er Sprache, Kraft, Vernunft und sogar einen Seele zuspricht.

Viele Jahrhunderte später (1942) verkündet der Schriftsteller Asimov in Hinblick auf die gesellschaftliche Rolle künstlicher Wesen:

"Der Mensch behält die Oberhand!"¹⁴³.

Damit meint Asimov, dass die Rolle des Roboters als Teil Gesellschaft nur eine Frage der Programmierung sei und man den Robotern die richtigen Verhaltensregeln, die Roboterethik, das heißt vor allem die Anerkennung der menschlichen Hoheit, einprogrammieren könne. Die

¹⁴³ Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Kneesebek, S.34

Ängste und Hoffnungen die wir mit Robotern verbinden reichen bis in die alten Mythologien zurück. Zwei Legenden legen diese Furcht sehr deutlich dar, die des Prometheus und des Pygmalion.

Auf ca. 5000 Jahre alten Tontafeln aus Mesopotamien war die Geschichte einer irritierenden Analogie geschrieben:

Der Mensch sei als Automat von den Göttern geschaffen um Ihnen zu dienen. Vor der Schaffung des Menschen mussten die täglichen Arbeiten noch von den Göttern selbst verrichtet werden. Eines Tages sollen sich die göttlichen Arbeiter erhoben und rebelliert haben, weil sie sich ausgebeutet fühlten von ihren Göttern. Zur Beschwichtigung schlug ihnen der Gott der Technik vor, sie sollten sich lebendige Hampelmänner bauen, die an ihrer Stelle die Arbeiten verrichten sollten. Diese Hampelmänner waren die Menschen: Damit diese sich nicht wie die göttlichen Arbeiter eines Tages erhoben, unterwarf man sie den Göttern und machte sie sterblich. Nach dieser alten Geschichte ist der Mensch also nichts anderes als ein fehlbarer Automat, der auf Leben und Tod vom Willen der Götter abhängig ist.

In der Prometheus-Sage erschafft der Riese Prometheus den ersten Menschen aus Wasser und Ton und zieht sich damit den Zorn Zeus, dem obersten olympischen Gott in der griechischen Mythologie zu, der den Menschen daraufhin das Feuer nimmt. Aus Zuneigung zu seiner Schöpfung entzündet Prometheus an der Sonne eine Fackel und gibt sie den Menschen, die damit wieder über das Feuer verfügen können. Ein drittes Mal täuscht Prometheus Zeus mit einer List, bei der einem Tieropfer für die Götter, den Menschen das Fleisch des geopfertem Stiers zufällt und Zeus selbst nur die Knochen des Tieres bekommt. Daraufhin verbannt Zeus Prometheus, auf das dieser mit geschmiedeten Fesseln am Kaukasus jeden Tag von Adler „Ethon“ die Leber heraus gefressen wird, die des Nachts wieder nachwächst. Auch die Menschen trifft der Zorn des Zeus, durch das Öffnen der Büchse der Pandora, woraufhin das Böse die Menschheit heimsucht. Auf diesem Mythos basieren viele spätere Legenden, aber die klare

Aussage blieb, dass der Mensch sich nicht als gottgleicher Schöpfer betätigen sollte, sondern das dies den Göttern überlassen bleiben müsse.

Der römische Dichter Ovid (43 v. Chr. - 17 n. Chr.) erzählt in seinen Metamorphosen die Geschichte von Pygmalion, dem König von Zypern und Bildhauer. In dieser Erzählung über menschliche Schöpfung ist das Ende nicht so düster geprägt wie bei Prometheus. Pygmalion, auf der Suche nach einer Frau, wird nicht fündig und entschließt sich kurzerhand, sein Bildhauer-Handwerk zu nutzen um sich ein Weib nach seinem Geschmack zu schnitzen. Tatsächlich verliebt er sich in sein Kunstwerk und bittet die Göttin Aphrodite, seiner „Galatea“ Leben einzuhauchen. Diese Sage sollte später in der Literatur und im Film noch oft thematisiert werden.

Damit scheinen die Sagen des Prometheus und des Pygmalion die zwei wichtigsten Facetten von Handlungssträngen zu verkörpern die mit Automaten gepaart sind.

Viele Jahrhunderte vergingen, bevor sich nach der Antike wieder Künstler, Philosophen und Ingenieure mit dem Thema künstliche Wesen beschäftigten. Leonardo da Vinci stellte zaghafte Versuche an, mit einem mechanischen Ritter um 1495, der in der Lage war Kopf und Kinnlade zu bewegen, seine Arme zu schwingen und selbstständig aufzustehen vermochte.

Ab dem 17. Jahrhundert griffen Autoren auf dieses Motiv zurück und verarbeiteten es in Romanen.¹⁴⁴

- 1816 erscheint „Der Sandmann“ von E.T.A. Hoffmann; in der Handlung geht es um die Liebe eines jungen Mannes zu einer automatisierten, menschengleichen Puppe. Der Protagonist der im Verlaufe der Handlung seinen Irrtum erkennt fällt am Ende dem Wahnsinn anheim und begeht Selbstmord.

¹⁴⁴ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Knesebek, S.34-54

- 1818 wird von Mary Shelley, der Roman „Frankenstein“ (Original: „Frankenstein or The Modern Prometheus“) erstmals anonym veröffentlicht. Das Bemerkenswerte an Dr. Frankensteins Monster ist, dass es sich um ein Kunstwesen handelt, welches durch einen Wissenschaftler erschaffen wird. Aufgrund seiner Hässlichkeit, wird dieses gutmütige Wesen von seinem Erbauer verstoßen. Leidend unter der Ablehnung und dem Hass seiner Umwelt gegenüber dem naiven Fremden, dem die menschliche Ethik doch völlig unbekannt ist, beginnt das Monster selbst zu hassen und wird zum Mörder.

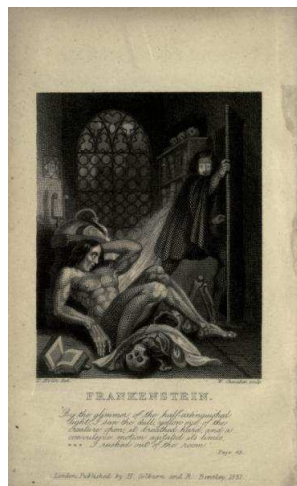


Abb. 48: Roman „Frankenstein“ 1831 Ausgabe

- 1865 behandelt Edward S. Ellis in „The Huge Hunter or the Steam Man of the Prairies“ die Frage warum Amerika so fasziniert sei von der Mechanisierung der Industrie.
- 1886 erschafft der Franzose Auguste Villiers de l'Isle Adam in „Die künftige Eva“ einen Roman, der sich um einen Klon der schönen Protagonistin Alicia handelt.
- 1896 beschreibt H. G. Wells im Roman „The Island of Dr. Moreau“ wie ein megalomanischer Arzt Tiere mittels Vivisection in menschenähnliche Wesen verwandelt die ihn dann als Schöpfer verehren

- 1909 setzt der italienische Schriftsteller Filippo Tommaso Marinetti menschengleiche, mechanische Wesen in seinem Theaterstück "Elettricità" ein. Er gilt als der Erfinder des „italienischen Futurismus“ der die Schönheit der Maschinen und die Möglichkeiten zur technologischen Revolution in grenzenlosen Optimismus anpreist.
- Das 1920 geschriebene Theaterstück „R.U.R.“ (Rossum's Universal Robots) vom tschechischen Schriftsteller Karel Čapek, war der erste Roman, in dem das Wort Roboter vorkommt. Das Stück selbst handelt vom inhumanen Charakter der Fließbandarbeit und der Ausbeutung der Arbeiter. Diese Stück war die Grundlage für ein wachsendes Misstrauen gegenüber Robotern.
- 1938 entschied sich der amerikanische Biologe russischer Abstammung, Isaac Asimov, eine Reihe von Kurzgeschichten und Romanen auf der Basis der von ihm selbst geschaffenen drei Robotergesetze zu schreiben. Asimov gilt damit als der literarische Vater der Roboter, da er versuchte dieses Thema wissenschaftlich anzugehen. Er setzte neue Maßstäbe in dem Genre der Science-Fiction-Literatur.
- 1949 entsteht der Roman „The Humanoids“ von Jack Williamson, der, in Anlehnung an Asimovs Gesetzen, davor warnt, diese zu wörtlich zu nehmen.
- 1951 schreibt Lester Del Rey in „Instinct“ das der Mensch verschwunden sei und Roboter versuchen, ihren Schöpfer zu rekonstruieren. Dabei müssen sie feststellen, dass sich die Wesen gravierend von Robotern und Menschen unterscheiden.

- 1958 erschafft Edmund Cooper mit „Pygmalion 2113“ eine alte Legende neu: ein tiefgefrorener Mann wird von einem weiblichen Androiden gepflegt. Sie verliebt sich in den Menschen, obwohl dieser einen Aufstand gegen die bestehende Hegemonie der Roboter anführt.
- Ab den 1960er Jahren kommt Bewegung in die literarische Szene. Man befreit sich von den Zwängen der asimov'schen Robotergesetze. Es entstehen eine Reihe dystopisch-abstrakter Werke. Zu nennen seien hier:
 - Philip K. Dick: „The Penultimate Truth“ [1964]
 - Stanislaw Lem: „Der Unbesiegbare“ [1967]
 - Philip K. Dick: „Do Androids Dream of Electric Sheep“ [1968]
 - Lester Del Rey: „Helen O'Loy“ [1970]
- Die 1970er Jahre durch einen neuen Trend gekennzeichnet. Den Robotern werden weder gute noch böse Eigenschaften zugeschrieben. Jenseits von zugeschriebenen Merkmalen dürfen Roboter ein eigenes Innenleben entwickeln und über ihre Handlungen entscheiden.
 - Robert Silverberg: „Gute Nachrichten aus dem Vatikan“ [1971]
 - Robert Sheckley: „Endstation Zukunft“ [1972]
 - Clifford D. Simak: „Die letzte Idylle“ [1972]
 - Dean R. Koontz: „Des Teufels Saat“ [1973]
- In den 1980er Jahren wurden Roboter für die Autoren uninteressant. Stattdessen waren Geschichten über Cyberpunk im Fokus der modernen Science-Fiction-Literatur gefragt. Dem entsprechend wurden nur noch wenige Romane über und mit Robotern publiziert.

- John T. Sladek: „Tick-Tack“ [1983]
 - William Gibson: „Neuromancer“ [1984], dieser Roman gilt als die geistige Grundlage des Cyberpunks. Unter Cyberpunk versteht eine Unterart des Science-Fiction Genres welche von einer dystopischen Weltausrichtung, Gewalt und Pessimismus geprägt ist.
 - Harry Harrisons: „The Fourth Law of Robotics“ [1989]
- Ab den 1990er Jahren sind die Autoren fasziniert von den Möglichkeiten der Nanotechnologie. Zu diesem Thema entstandene SciFi-Romane:
 - Elton Elliott: „Nanodreams“ [1995]
 - Neal Stephenson: „Diamond Age – Die Grenzwelt“ [1996]
- 2000 gehören Roboter schon so sehr zum literarischen Alltag, dass sie im Grunde kein Merkmal von Science Fiction mehr sind. Im 21. Jahrhundert versteht man Roboter eher als Teil der Normalität und für die zeitgenössische Fiktion eher als zu trivial. Nichts desto trotz entsteht:
 - Doug Chiang und Orson Scott Card mit „Robota“ [2003]

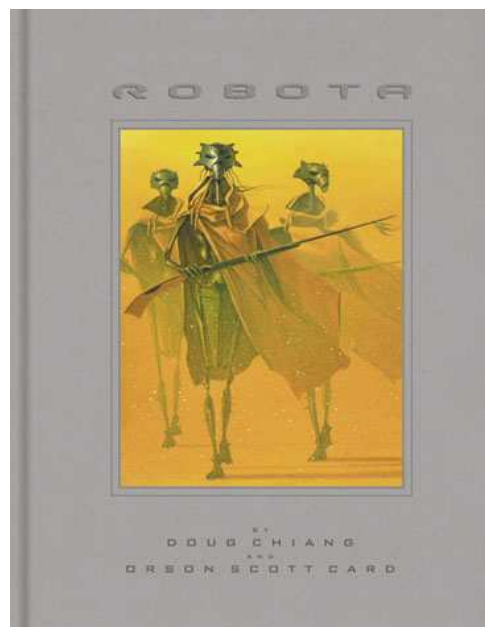


Abb. 49: Roman „Robota“ erschienen 2003

7.1 Roboter im Film

Das Medium Film trug wie keine andere Kunstform dazu bei, den Roboter in die kollektive Vorstellungswelt einzuarbeiten. Im Kino wurden die Maschinen lebendig, ob böse oder gut, die visuelle Kraft, die von ihnen ausging, faszinierte die Menschen. Der erste Roboter-Film wurde schon im frühen 20. Jahrhundert gedreht, in der Anfangszeit der Filmkunst.¹⁴⁵

Allgemein lässt sich festhalten, dass Roboter in den Filmen zwischen 1930 – 1960 als rein logisch denkende und vollkommen emotionslose Maschinen dargestellt wurden. In den folgenden Jahrzehnten nahmen sie immer mehr menschliche Gestalt an und waren in der Lage immer komplexere Zusammenhänge und Vorstellung zu erfüllen und man gestand ihnen ein komplexeres und emotionaleres Innenleben zu.

Chronologie der Roboterfilme:

- 1916 „Homunculus“ Otto Rippert
- 1920 „Der Golem, wie er in die Welt kam“ Paul Wegener
- 1927 „Metropolis“ Fritz Lang
- 1931 „Frankenstein“ James Whale
- 1951 „The Day the Earth stood still“ Robert Wise
- 1954 „Tobor the great“ Lee Sholem
- 1955 „Forbidden Planet“ Fred MacLeod Wilcox
- 1965 „Alpaville“ Jean Luc Godard
- 1965 „Doctor Who and the Daleks“ Gordon Flemyng
- 1968 „2001: A Space Odyssey“ Stanley Kubrick
- 1971 „THX 1138“ Georg Lucas
- 1972 „Westworld“ Michael Crichton
- 1973 „Sleeper“ Woody Allen

¹⁴⁵ Vgl. Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _ Entwicklung, München: Kneesebek, S.55

- 1976 „Futureworld“ Richard T. Heffron
- 1977 „Demon Seed“ Donald Cammel
- 1977 „Star Wars“ Georg Lucas
- 1979 „Alien“ Ridley Scott
- 1982 „Blade Runner“ von Ridley Scott

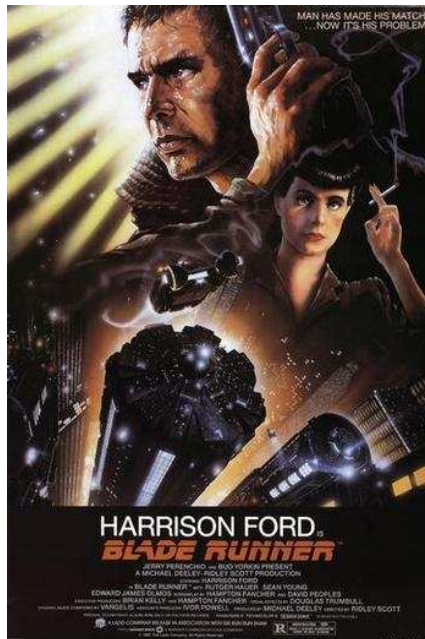


Abb. 50: „Blade Runner“ 1982

- 1982 „Android“ Aaron Lipstadt
- 1984 „Runaway“ Michael Crichton
- 1984 „Terminator“ James Cameron
- 1987-1994 „Star Trek – The Next Generation“ Gene Roddenberry
- 1987 „Robocop“ Paul Verhoeven
- 1989 „Bunker Palace Hotel“ Enki Bilal
- 1989 „Roboforce“ David Chung
- 1989 „Cyborg“ Albert Pyun
- 1995 „Screamers“ Christian Duguay
- 1998 „Lost in Space“ der Film, Stephen Hopkins
- 2001 „A.I. Artificial Intelligence“ Steven Spielberg

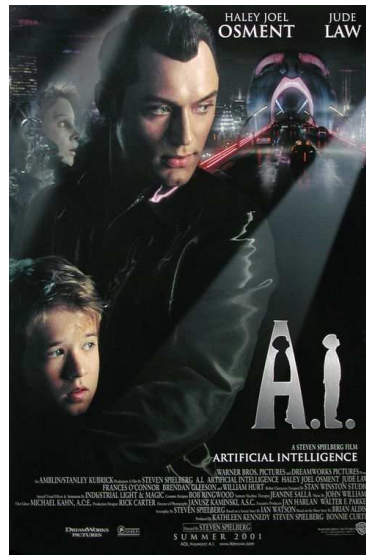


Abb. 51: „A.I. Artificial Intelligence“

- 2004 „I, Robot“ Alex Proyas
- 2005 „Per Anhalter durch die Galaxis“ Douglas Adams
- 2007 „Transformers“ Michael Bay | 2009 Teil 2

Einer der stilprägensten, atmosphärischsten und philosophischsten Filme aus diesem Genre ist „Blade Runner“. Im Jahr 2019 ist es möglich, androide Replikanten zu bauen, die den Menschen täuschend ähnlich sind. Das Motto der Herstellerfirma der Replikanten ist „Menschlicher als menschlich“ was bedeutet das ohne auf ethische Konsequenzen zu achten quasi-menschliches Lebens aus rein kommerziellen Interessen erschaffen wird.

Die Replikanten sind nur noch mit einem speziellen Test vom Menschen zu unterscheiden, dem so genannten Voight-Kampff Test, welcher wohl dem in Kapitel 3.2 genannten Turing Test sehr nahe kommt. Die Replikanten sind mit ihrer Physiognomie, mit ihren Erinnerungen und Emotionen dem Menschen so nahe, dass sich die Frage stellt was den Menschen zum Menschen macht und damit die Frage warum das Leben eines Replikanten weniger wert sein sollte als das eines Menschen. Die Frage spitzt sich zu als ein Replikant dem Protagonisten das Leben rettet obwohl dieser ihn zuvor versuchte zu

eliminieren. Wie ein roter Faden zieht sich das Misstrauen, die Furcht davor dass die Wirklichkeit nur eine Fälschung sein könnte durch den Film. Die Urangst des Menschen vor nichtmenschlichen, menschengemachten und damit fehlerbehaftete Wesen tritt hier in Erscheinung. Ein weiterer Grund für die stringente Paranoia des Films ist die Ungewissheit über die eigene Identität und die Tatsache das die Replikanten ihren Schöpfern schließlich in allen Belangen überlegen sind, was die Frage nach dem Verlust der Hegemonie der menschlichen Rasse impliziert.

8. Resümee und Ausblick

Zusammenfassend sehe ich, dass mit der biotechnischen Revolution die menschliche Evolution in eine neue Phase eintritt. Die Zäsur dieser neuen Phase besteht im Gegensatz zur bisherigen Steuerung durch den Zufall in der zukünftig intelligenten Steuerung der Evolution. Dazu bildet die Robotik, respektive die Kybernetik, eine Art Vorstufe. Die Entwicklungen im Bereich der Kybernetik werden die menschlichen Spezies um neue noch nicht absehbare Facetten bereichern mit dem Ziel die Qualität allen Lebens zu verbessern.

So ist es heutzutage möglich einfache Hirnsignale zu erfassen und auszulesen. Schnittstellen zwischen dem Menschen und der Maschine sind Realität geworden. Heute schon profitieren dank dieser Technik unzählige Hörgeschädigte und Personen mit Sehschäden. Weiterführend können Menschen denen krankheitsbedingt die natürliche Sprachfähigkeit abhanden gekommen dank einer elektronischen Gedächtnishilfe die gedanklich gesteuert wird auf einer virtuellen Tastatur Wörter bilden. Damit sind die Grundlagen geschaffen für weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet.

Eine Art „Nürnberger Trichter“ ist nun dank der zukunftsweisenden Technik nicht mehr auszuschließen, der textliche oder andere umfassendere Informationen in eine Hirnstruktur einspeist, was zur Bildung neuer Gedächtnisinhalte führt. Um diesen Trend ausbauen zu können stehen die Forscher heute vor zwei großen Problemen. Erstens der Schaffung einer zuverlässigen, möglichst risikoarmen Schnittstelle, die elektrische Signale vom biologischen zum maschinellen überträgt. Zweitens einer Übersetzung von Inhalten für den Informationsaufnehmenden in die Sprache der Neuronen.

Eine der größten Herausforderungen in der Hirnforschung ist es den neuralen Code des Hirns zu entschlüsseln, was beim Gelingen einem Quantensprung gleichkäme. In einer Prognose für die nächsten fünf

Jahre könnte man sich vorstellen, dass auf diesem Gebiet implantierte auslesende Multi-Elektroden-Arrays so weit entwickelt sind, dass ein vollständig gelähmter mit einer Arm-Handprothese in der Lage ist kleinste Vorgänge zu verrichten. Es ist durchaus vorstellbar das künstliche mit dem Gehirn rückgekoppelte Gliedmaßen es den Patienten erlauben sich frei zu bewegen.¹⁴⁶

Weiterführend wird der verstärkte Einsatz von Nanotechnologie in der Neuromedizin und mithin die Optimierung der menschlichen Natur das Problem der Persönlichkeitsveränderung berühren und damit die ethische Frage was den Mensch eigentlich zum Menschen macht.

Mit dem Voranschreiten auf dem Gebiet der Nanotechnik und Gentechnik erweitern sich die Optionen eines immer fortschrittlicheren Lebenskörper. Gelingt es den Forschern das Bewusstsein vom Menschen nachzubilden respektive technisch zu transformieren wird es möglich sein die mit dem menschlichen Körper verhafteten Grundbedürfnisse und Fehler zu überwinden. Los gelöst von Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung wird die Menschheit sich völlig neuen möglicherweise existenziellen Aufgabengebieten und Zielen widmen können.

Diese hochtechnologisierte Entwicklung der Technik und Robotik, motiviert von wissenschaftlichen und geschäftlichen Motiven, kollidiert in vielen Fällen mit der Ethik der Gesellschaft. Da es in der Natur der Moral einer Gesellschaft liegt gerade nicht progressiv zu sein, sondern am besten nicht zu hinterfragende, konsensfähige Fixpunkte zu bieten, wird die Ethik der technologischen Beschleunigung immer hinterherlaufen. Unsere Moral stellt die Bedürfnisse der Gemeinschaft über die des Einzelnen, die Robotik

¹⁴⁶ Vgl. Stix Gary: Log-In ins Gehirn. In: Spektrum der Wissenschaft, Ausgabe April, 2009, S.88-93

fragt primär nicht nach einem gesellschaftlichem Konsens oder Nachhaltigkeit.

Eines der Probleme des Transhumanismus wird die Ungleichverteilung der überlegenen, biologischen und geistigen Eigenschaften in der Gesellschaft sein.¹⁴⁷

Die Frage nach der Würde des Menschen wird neu gestellt werden müssen, da die Definition eines Menschen zunehmend diffuser wird. Spätestens wenn Roboter das menschliche Vermögen der Empathie besitzen, ist der Punkt erreicht wo der Terminus Mensch mit dem Begriff der Existenz an sich hinterfragt werden sollte. An dieser Stelle muss sich die Gesellschaft die Frage stellen ob es Wesen geben sollte, die wie Menschen aussehen, aber keine sind.

Warum eigentlich nicht?

¹⁴⁷ Vgl. Fukuyama, Francis 2002: Das Ende des Menschen, Stuttgart ; München : Dt. Verl.-Anst.

Literaturverzeichnis

- [1] Asimov, Isaac 2007: Alle Roboter-Geschichten, Bergisch Gladbach: Bastei Lübbe

- [2] Bridgman, Roger ; Teague, Steve u. a. 2004: Roboter : von den ersten Automaten bis zu den Cyborgs der Zukunft, Hildesheim : Gerstenberg

- [3] Brillowski, Klaus 2004: Einführung in die Robotik : Auslegung und Steuerung serieller Roboter, Aachen : Shaker

- [4] Brooks, Rodney Allen 2005: Menschmaschinen : wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen, Frankfurt am Main : Fischer-Taschenbuch-Verl.

- [5] Burkhard, Hans-Dieter 2003: Endspiel 2050 : wie Roboter Fußball spielen lernen, Hannover : Heise

- [6] Christaller, Thomas u. a. 2001: Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft. In: Carl Friedrich Gethmann (Hrsg.): Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung, Bd. 14. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

- [7] Fukuyama, Francis 2002: Das Ende des Menschen, Stuttgart ; München : Dt. Verl.-Anst.

- [8] Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik 2008: Robotik 2008 : Leistungsstand, Anwendungen, Visionen, Trends, Düsseldorf : VDI-Verl.

- [9] Gifford, Clive ; Brightling, Geoff u. a. 1999: Roboter :
Konstruktion, Funktion, Perspektiven, Hildesheim : Gerstenberg
- [10] Haun, Matthias 2007: Handbuch Robotik : Programmieren und
Einsatz intelligenter Roboter, Berlin ; Heidelberg ; New York :
Springer
- [11] Ichbiah, Daniel 2005: Roboter. Geschichte _ Technik _
Entwicklung, München: Knesebek
- [12] Knoll, Alois ; Christaller, Thomas 2003: Robotik, Frankfurt am
Main : Fischer-Taschenbuch-Verl.
- [13] Kuhlen, Rainer 2004: Informationsethik : Umgang mit Wissen
und Information in elektronischen Räumen, Konstanz : UVK-
Verl.-Ges.
- [14] Lämmel, Uwe ; Cleve, Jürgen 2008: Künstliche Intelligenz,
München : Hanser
- [15] Moravec, Hans 1999: Computer übernehmen die Macht : vom
Siegeszug der künstlichen Intelligenz, Hamburg : Hoffmann und
Campe
- [16] Moravec, Hans 1990: Mind Children : der Wettlauf zwischen
menschlicher und künstlicher Intelligenz, Hamburg : Hoffmann
u. Campe
- [17] Schopenhauer, Arthur 2005: Über das Mitleid / Arthur
Schopenhauer, [München] : Beck

- [18] Ulfig, Alexander 2003: Lexikon der philosophischen Begriffe, Köln : Komet
- [19] von Foerster, Heinz ; Schmidt, Siegfried J. [Hrsg.] 1996: Wissen und Gewissen : Versuch einer Brücke, Frankfurt am Main : Suhrkamp
- [20] Weizenbaum, Joseph 2006: Wo sind sie, die Inseln der Vernunft im Cyberstrom? : Auswege aus der programmierten Gesellschaft, Freiburg im Breisgau ; Basel ; Wien : Herder
- [21] Zacher, Serge 2000: Automatisierungstechnik kompakt : theoretische Grundlagen, Entwurfsmethoden, Anwendungen, Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg

Zeitschriften und Magazine

- [22] König, Peter: Aufrecht in die Zukunft. Stand und Trends der Robotik in Wissenschaft und Anwendung. In: C't – Magazin für Computertechnik, Ausgabe 2, 2006, S. 124-129
- [23] Stix Gary: Log-In ins Gehirn. In: Spektrum der Wissenschaft, Ausgabe April, 2009, S.88-93
- [24] Weber, Jutta: Der Roboter als Menschenfreund. In: C't – Magazin für Computertechnik, Ausgabe 2, 2006, S. 144-149

Internetquellen

- [25] AMBROGIO Robots (Gartenroboter)
<http://www.ambrogiorobot.de/>

- [26] Arrickrobotics.com
<http://www.arrickrobotics.com/robomenu/machina.html?bb26e4f0>

- [27] Berkeley's Human Engineering and Robotics Laboratory
<http://bleex.me.berkeley.edu/bleex.htm>

- [28] Bock, Johannes | Kleine Zeitreise durch die Robotik
<http://www2.informatik.hu-berlin.de/ki/lehre/ws0304/kogrob/Geschichte%20der%20Roboter.ppt.pdf>

- [29] Center for Responsible Nanotechnology (CRN)
<http://www.crnano.org/index.html>

- [30] Chess.at | Baron von Kempelens Schachautomat
http://www.chess.at/geschichte/kempelen.htm#_ftnref3

- [31] Computer History *Online*
<http://www.weller.to/com/comp-ibm.htm>

- [32] Cyberdyne | Hal5 Roboteranzug
<http://www.cyberdyne.jp/english/robotsuithal/index.html>

- [33] Decker, Michael | Netzwerk der deutschsprachigen Technikfolgenabschätzungs-Community
<http://www.netzwerk-ta.net/>

- [34] Defense Advanced Research Projects Agency
<http://www.darpa.mil/>

- [35] Deutsche Serviceroboter Initiative
<http://www.service-robotik-initiative.de/uebersicht/uebersicht/>

- [36] Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt | DLR
Weltraumteleskop Herschel
http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-11/129_read-18016/

- [37] Deutsches DaVinci Zentrum e.V.
<http://www.ddvz.de/Home.2.0.html>

- [38] Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
<http://www.dfki.de/web>

- [39] Deutsches Museum
<http://www.deutsches-museum.de/sammlungen/ausgewaehlte-objekte/>

- [40] Fraunhofer IPA | Care-O-bot 3
http://www.care-o-bot.de/Care-O-bot_3.php

- [41] Gobmaier, Thomas | Tesla Induktionsmotor
<http://www.ebe-online.de/home/tgobmaie/tesla/polyphase.htm>

- [42] Haufler, Frank | Nanotechnik-medizin
<http://www.nanotechnik-medizin.de/Nanoroboter.html>

- [43] Hocoma.ch | Lokomat (robotergestützte Laufbandtherapie)
<http://www.hocoma.ch/produkte/lokomat/einleitung/>

- [44] Honda
<http://asimo.honda.com/default.aspx>
<http://asimo.honda.com/downloads/pdf/asimo-technical-information.pdf>
- [45] HTWK Leipzig
<http://www.htwk-leipzig.de/de/hochschule/ueber-die-htwk-leipzig/persoenlichkeiten/norbert-wiener/>
- [46] International Federation of Robotics
<http://www.ifr.org/home/>
- [47] Intuitive Surgical | da Vinci SI (MedizinRobotik)
<http://www.intuitivesurgical.com/index.aspx>
- [48] iRobot
<http://www.irobot.com/de/>
- [49] Johnny-five
<http://www.johnny-five.com/>
- [50] KUKA | Industrieroboter
http://www.kuka-robotics.com/germany/de/products/industrial_robots/low/kr5_arc_hw/
- [51] Markus, Peter | Einführung in die Tagung
http://www.kircheundgesellschaft.de/ikg/documents/Robotik_Vorwort.pdf

- [52] Moravec, Hans | The Hopkins Beast
<http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/robot.papers/2000/revo.slides/1960.html>
- [53] Müller, Sebastian | Industrieroboter
<http://www.industrie-roboter.com/geschichteroboter.aspx>
- [54] National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) Japan | (Roboterfrau HRP-4C)
http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2009/20090513/20090513.html
- [55] NetMediaEurope Deutschland GmbH | Nano-Roboter
<http://www.pc-professionell.de/news/2007/03/22/20070322030.aspx>
- [56] Planet Wissen.de
<http://www.planet-wissen.de/pw/Artikel,,,,,,,,,B3CAE6F95E8044CCE034080009B14B8F,,,,,,,,,,,,.html>
- [57] Rhoni | Pflegeroboter
<http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/168215/>
- [58] Roboethics (Domain im Umbau)
<http://www.roboethics.org/>
- [59] Robowatch
<http://www.robowatch.de/index.php?id=1>
- [60] Roböxotica | Zeitreise durch die Welt der Roboter
<http://www.roboexotica.org/de/timeline/index.html>

- [61] Sale, Tony | Lorenz ciphers and the Colossus
<http://www.codesandciphers.org.uk/lorenz/colossus.htm>
- [62] Schrey, Dieter | Zum Start des Sandmann-Projekts
<http://home.bn-ulm.de/~ulschrey/sandmann/index.html>
- [63] Scinexx | Das Wissensmagazin, Springer Verlag
<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-9870-2009-05-05.html>
- [64] SRI International's Artificial Intelligence Center (AIC) |
Centibots-Projekt
<http://www.ai.sri.com/centibots/>
- [65] Steinmetzová, Jitka | HU Berlin
http://www3.psychologie.hu-berlin.de/ingpsy/alte%20Verzeichnisse%20-%20Arb1/Lehrveranst/seminar/psych_technik/roboter/Roboter_VortragSchriftlich_2Roboter.htm
- [66] T.I.L. Productions GmbH | Lutèce Créations
<http://www.automates-boites-musique.com/histoire-lutece-creation-automate-boite-musique.html>
- [67] The Center for Robot-Assisted Search and Rescue
<http://crasar.cse.tamu.edu/MainFiles/>
- [68] The History of Computing Science
<http://www.eingang.org/Lecture/edvac.html>
- [69] Uni Heidelberg | Forschung am IWR Robotik-Labor
<http://ornella.iwr.uni-heidelberg.de/ROBOTICSLAB/RESEARCH/>

- [70] Uni Heidelberg | Qrio (Spielroboter)
<http://ornella.iwr.uni-heidelberg.de/ROBOTICSLAB/TEACHING/HUMROB/v06.pdf>
- [71] Uni Karlsruhe ITEC | Armar 3
http://wwiain.ira.uka.de//index_id-188.html
- [72] Uni Köln | Turmuhren
<http://www.digitalis.uni-koeln.de/Feldhausm/feldhausm1229-1242.pdf>
- [73] Uni of Tennessee at Martin | Introduction to Robotics
<http://www.utm.edu/departments/engin/lemaster/Auto%20Prod%20Sys/Notes%2015.pdf>
- [74] Uni Waseda Japan | Development of Waseda Robot
<http://www.humanoid.waseda.ac.jp/>
- [75] Völz, H. | Ist Kybernetik nur noch Nostalgie?
<http://aes.cs.tu-berlin.de/voelz/Filmschool/KybernetikKlaus.pdf>
- [76] Willis, Chris | Android World
<http://www.androidworld.com/prod06.htm>
- [77] World of Robots
<http://www.worldofrobots.de/geschichte/roboter.aspx>
- [78] World Robotics
<http://www.worldrobotics.org/>

Internetquellen von [25] bis [78] - Letzter Zugriff am: 14.07.2009

Nachweis der Abbildungsquellen

Titelbild Ausschnitt aus der Quelle:

<http://www.spiegel.de/fotostrecke/fotostrecke-37658-13.html#backToArticle=593967>

Abb. Nr. Quelle

Abb.1 <http://findmearobot.com/Pages/Required%20robots/Required%20Robots.html>

Abb.2 http://blog.doccheck.com/uploads/nanobot_001.jpg

Abb.3 [http://biodesignsprothetics.com/mediac/400_0/media/Cyberhand\\$20Bionic\\$20Hand.jpg](http://biodesignsprothetics.com/mediac/400_0/media/Cyberhand$20Bionic$20Hand.jpg)

Abb.4 <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/1/1f/Mechatronic.png>

Abb.5 <http://www.spiegel.de/img/0,1020,1489793,00.jpg>

Abb.6 <http://www.spiegel.de/img/0,1020,1489791,00.jpg>

Abb.7 <http://www.spiegel.de/img/0,1020,1489736,00.jpg>

Abb.8 <http://www.spiegel.de/img/0,1020,1489752,00.jpg>

Abb.9 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/66/NAMA_Machine_d'Anticythère_1.jpg/672px-NAMA_Machine_d'Anticythère_1.jpg

Abb.10 <http://www.spiegel.de/img/0,1020,1489819,00.jpg>

Abb.11 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/01/Banu_musa_mechanical.jpg

Abb.12 <http://www.roboexotica.org/de/timeline/pics/1773.jpg>

Abb.13 <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4a/Jacquard01.jpg/425px-Jacquard01.jpg>

Abb.14 http://www.horst-zuse.homepage.t-online.de/wp_generated/wpd2ef91bc_0f.jpg

- Abb.15 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Isaac_Asimov_on_Throne.png
- Abb.16 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Nachbau_des_ersten_Transistors.jpg
- Abb.17 <http://www.arrickrobotics.com/robomenu/machina.jpg>
- Abb.18 http://www.chip.de/ii/220482943_95395a782b.jpg
- Abb.19 http://www.takanishi.mech.waseda.ac.jp/top/research/wabian/previous_research/img/wabot1.jpg
- Abb.20 <http://www.ohgizmo.com/wp-content/uploads/2006/05/asimo-historia.jpg>
- Abb.21 http://www.worldrobotics.org/downloads/2008_Pressinfo_Charts.pdf
- Abb.22 http://www.worldrobotics.org/downloads/2008_Pressinfo_Charts.pdf
- Abb.23 http://www.worldrobotics.org/downloads/2008_Pressinfo_Charts.pdf
- Abb.24 <http://www.harkis.harting.com/WebHelp/DHan/WebHelp/images/Industrieroboter.gif>
- Abb.25 http://www.yaskawa.co.jp/technology/tech_news/72-2/03.jpg
- Abb.26 http://www.kuka-robotics.com/germany/de/products/industrial_robots/low/kr5_arc_hw/
- Abb.27 <http://images.derstandard.at/t/12/20070723/caspar300.jpg>
- Abb.28 http://www.mdbuyline.com/mdbWebApp/userdefined/IBArticle/IB_1752/1752_files/image001.jpg
- Abb.29 http://www.dlr.de/rm/de/Portaldata/52/Resources/images/institute/robotersysteme/medical_robotics/MIRO_Kinematik.jpg
- Abb.30 http://www.care-o-bot.de/Bilder/Care_O_bot_3-frei_small.jpg
- Abb.31 <http://www.jneuroengrehab.com/content/figures/1743-0003-4-1-1-l.jpg>
- Abb.32 http://www.iconocast.com/00019_German/C5/News1_1.jpg

- Abb.33 http://www.ambrogiorobot.de/images/50_170.jpg
- Abb.34 http://www.crunchgear.com/wp-content/uploads/2008/08/ofro_robot.jpg
- Abb.35 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/44/Sony_Qrio_Robot.jpg
- Abb.36 http://www.iain.ira.uka.de/data/Image/JB2006 ITEC RD FB03_1.jpg
- Abb.37 http://i120.photobucket.com/albums/o163/aliraqi/March2009/World%20pix/3-3/cebit-robot_1358870i.jpg
- Abb.38 <http://www.silicon.de/i/s/galleries/2009/04/robocup.jpg>
- Abb.39 http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2009/20090513/fig3.jpg
- Abb.40 <http://static.howstuffworks.com/gif/asimo-1.jpg>
- Abb.41 http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/45828000/jpg/_45828000_jex_369074_de27-1.jpg
- Abb.42 http://images.businessweek.com/ss/07/07/0711_weapons/image/4-packbot.jpg
- Abb.43 <http://www.defencetalk.com/pictures/data/3179/medium/exoskeleton-DefenceTalk000.jpg>
- Abb.44 http://www.bostondynamics.com/img/BigDog_Snow.png
- Abb.45 <http://www.pica.army.mil/PicatinnyPublic/news/images/highlights/robot1.jpg>
- Abb.46 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b0/MQ-9_Reaper_in_flight_%282007%29.jpg/800px-MQ-9_Reaper_in_flight_%282007%29.jpg
- Abb.47 <http://www.heise.de/newsticker/Geschaefft-mit-Ueberwachungs-Flugdrohnen-boomt--/meldung/101829>
- Abb.48 <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/Frankenstein.1831.inside-cover.jpg>
- Abb.49 http://chroniclebooks.com/images/items/0811840/0811840417/0811840417_large.jpg

Abb.50 http://treknews.de/treknews/newspro-treknews/upload/newsbilder/20090606_bladerunner.jpg

Abb.51 http://i106.photobucket.com/albums/m277/brenda171091/ai_artificial_intelligence_ver5.jpg?t=1247077604

Anhang

Frage 2

Würden Sie sich im Alter von einem Roboter helfen lassen wenn dies bedeuten würde dass Sie länger in Ihren vier Wänden wohnen könnten?

- ja ja, unter Umständen
 nein

Wenn (ja, unter Umständen) welche wären das:

Frage 3

Bitte teilen Sie uns die Hauptgründe mit welche gegen eine Einführung von Pflegerobotern sprechen.

Haben Sie in diesem Zusammenhang weitere Anregungen / Bemerkungen?

Vielen Dank für Ihre Bemühungen!

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder anderen Quellen entnommen sind, sind als solche eindeutig kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht veröffentlicht und noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

(Vorname, Nachname)

