

# Adaptivität-Sicherheit-Paradoxon in der Robotik

Jens Hedrich, Nicolai Wojke

Arbeitsgruppe Aktives Sehen  
Universität Koblenz-Landau  
Universitätsstr. 1  
56070 Koblenz

jenshedrich@uni-koblenz.de  
nwojke@uni-koblenz.de

**Abstract:** Der technologische Fortschritt der vergangenen Jahrzehnte in der Robotik macht Science-Fiction-Szenarien zunehmend greifbar. Die *Digitale Fabrik*, welche ihre Produktionsabläufe selbstständig durchführt und kontrolliert, ist kein fiktionales Produkt mehr. In industrialisierten Ländern dominieren schon gegenwärtig *Industrieroboter* die in Produktionsstraßen Arbeitsabläufe durchführen. Der industrielle Trend reicht von der flexiblen Produktionsstätte bis hin zum flexibel einsetzbaren *Serviceroboter*, welcher den Menschen bei vielfältigen Arbeiten im täglichen Leben aktiv unterstützen soll. In geschlossenen Produktionsstätten in denen kontrollierte Bedingungen herrschen und in welchem der Mensch als Unsicherheitsfaktor kaum zum Tragen kommt, ist die notwendige funktionale Sicherheit abschätzbar. Mit einer zunehmenden Überschneidung des Aktionsraums des Menschen mit dem von Robotern, steigt das Bedürfnis nach einer umfassenden Sicherheit. Demgegenüber ist ein hoher Grad an Adaption von Servicerobotern gefordert, damit möglichst viele Aufgaben in einer dynamischen Umgebung erfüllt werden können. Bedingt durch diese Anforderungen entsteht in einer von biotisch und abiotischen Faktoren geprägten Umwelt ein *Adaptivität-Sicherheit-Paradoxon*, welches im Rahmen dieser Arbeit aufgezeigt wird. Hierzu werden zunächst grundlegende Begriffserklärung zur Robotik, Kognition, Adaption und Sicherheit vorangestellt, um schließlich das Paradoxon darzulegen. Weiterführend werden gesellschaftliche und ethische Fragestellungen aufgezeigt, welche die These unterstützen. In einer abschließenden Diskussion wird die Entwicklung und Integration von Kognitiven Systemen in intelligente Roboter zusammengefasst.

## 1 Robotik im Wandel der Zeit

Seit Menschengedenken besteht der Wunsch nach Automaten, die den Menschen bei der Arbeit unterstützen oder vollständig abnehmen. Einer der ersten schriftlichen Zeugnisse über diesen Wunsch gehen aus der Ilias von Homer (18. Gesang) um ca. 850 v. Chr. hervor. In dieser Abhandlung assistieren dem Schmied Hephaistos bei seinen Arbeiten Gerätschaften, welche die Gestalt von goldenen Mädchen besitzen [BF12]. In den Aufzeichnungen von Leonardo Da Vinci aus dem 14. Jh. werden erste mechanische Konstruktionen beschrieben, welche versuchen den menschlichen Bewegungsapparat zu imitieren.

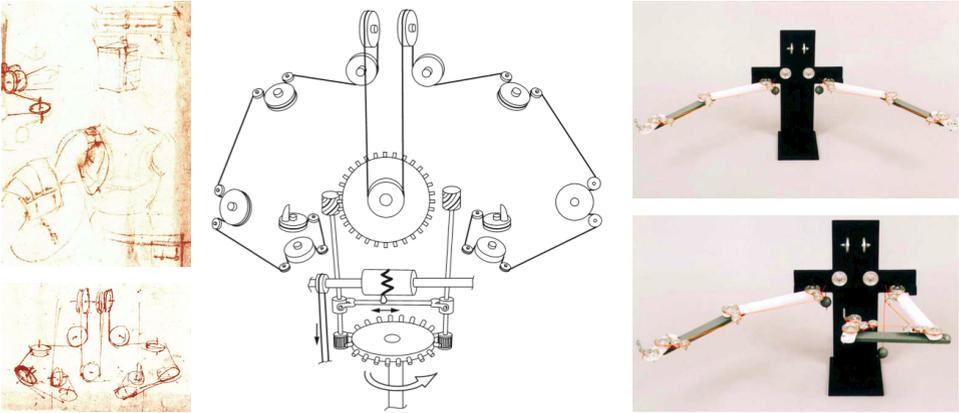


Abbildung 1: Technische Zeichnung von Leonardo da Vinci und Nachbau der Seilzugkonstruktion der beweglichen Ritterrüstung (Bildquelle: [Ros06])

Dazu werden an einer skelettähnlichen Basis angebrachte Arme einer Ritterrüstung mit Seilzügen bewegt [Ros06]. Die technische Zeichnung von Da Vinci und eine Nachbildung der Konstruktion sind in Abbildung 1 dargestellt.

Vermutlich angeregt von solchen Fantasien entstanden in der Literatur die ersten kritischen Auseinandersetzungen im frühen 19. Jahrhundert mit den Werken von E.T.A. Hoffmann („Der Sandmann“) und Mary Shelley („Frankenstein“, „Der moderne Prometheus“). Der Begriff *Roboter* geht aus dem tschechische Theaterstück „R.U.R. - Rossum’s Universal Robots“ von Karel Capek hervor. In diesem Werk werden künstliche Menschen, hier erstmals Roboter genannt, aus synthetischen und organischen Materialien hergestellt, um dem Menschen zu dienen. Der slawische Begriff *robot* kann mit „Arbeit“, „Frondienst“ oder „Zwangsarbeit“ übersetzt werden. Mit dem späteren technologischen Fortschritt von Manipulationsarmen und deren industriellen Anwendung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde der Begriff zunehmend für Manipulationsarme verwendet, die in ihrer Erscheinung dem Menschen deutlich weniger ähnlich sind, als die Konstruktionen aus früheren Romanen. Bislang existiert eine eindeutige Definition des Begriffs nicht, da sich der Gebrauch des Begriffs über die Jahre verändert hat. In den existierenden Definitionsausprägungen sind durch unterschiedliche Sichtweisen auf das Themengebiet geprägt. Die aus der Industrie motivierten Definitionen stammen z.B. vom Robot Institute of America (RIA) <sup>1</sup> oder der Deutschen Industrie Norm (DIN), welche primär eine Definition für Industrieroboter darlegen (ISO 10218-1:2011). Bei diesen Definitionen steht ein Mehrzweck-Manipulator mit mehreren Freiheitsgraden im Fokus, welcher für „automatisierte“ Aufgaben verwendet wird [DIN09]. Eine Erweiterung im Umgang mit Robotersystemen wird in der DIN EN ISO 10218-2 vorgenommen [DIN11a]. Diese Normen setzen einen wohl-definierbaren Kollaborationsraum, sowie geschultes Fachpersonal voraus, um ein Maximum an funktionaler Sicherheit für den Menschen zu garantieren. Seit

<sup>1</sup><http://definitions.uslegal.com/r/robots/>

2007 entwirft eine Arbeitsgruppe der Internationale Organisation für Normung (ISO) ein Wörterbuch [DIN11b], um die Terminologie für Roboter und Robotikgeräte aus nicht-industrieller Umgebung zu umschreiben, bspw. aus dem Bereich der Servicerobotik. Hierdurch ist eine allgemeine Definition gegen mit:

- (1) **Roboter:** betätigter Mechanismus, der in mehr als einer Achse programmierbar ist mit einem bestimmten Grad an Autonomie, der sich innerhalb seiner Umgebung bewegt, um vorgegebene Aufgaben auszuführen.

Durch den gegebenen ISO Entwurf wird maßgeblich zwischen den Roboter kategorien *Industrieroboter* und *Serviceroboter* unterschieden. Die Kategorisierung unterliegt dabei der Anwendung:

- (2) **Serviceroboter:** Roboter (1), der nützliche Aufgaben für Menschen, die Gesellschaft oder Einrichtungen verrichtet, mit Ausnahme von Anwendungen in der industriellen Automatisierung.

Die in dieser Norm gegebenen Begriffe orientieren sich an der Definition der Japan Robot Association (JARA), welche bereits 1978 zwischen sechs unterschiedliche Roboterklassen unterscheidet (siehe JIS B0134:1979, [JIS86]). Die komplexeste Klasse ist mit dem *intelligenten Roboter* gegeben:

- (3) **Intelligenter Roboter:** Roboter (1), der in der Lage ist, Aufgaben durch Wahrnehmen seiner Umgebung und Anpassen seines Verhaltens auszuführen.

Eine besondere Rolle in der Begriffsbildung kommt der Intelligenz zuteil, da diese als kennzeichnendes Attribut für die Klassifikation nach Fähigkeiten verwendet und in unterschiedlich hohem Grad für Tätigkeiten in der Industrierobotik und Servicerobotik benötigt wird. Die Intelligenz eines Roboters definiert sich nach diesen Normen also über seine Fähigkeiten. Diese Begriffsauffassung geht nicht mit den Definitionen aus der Psychologie einher. In der Psychologie wird Intelligenz als ein hierarchisch organisiertes Set spezifischer verbaler und kognitiver Fähigkeiten des Menschen beschrieben [Spi11]. Ein Beispiel hierfür ist das Drei-Ebenen-Modell der Intelligenz von Carroll [CAR93]. Geprägt durch zahlreiche Theorien, auch aus anderen Disziplinen, existieren weitere Formen der Intelligenz, welche den Begriff unterschiedlich auslegen. Eine Kontroverse des Begriffs ist beispielsweise auch in der Informatik vorzufinden. Im Forschungszweig der Künstliche Intelligenz wird versucht mit Hilfe von Computern die menschliche Intelligenz nachzubilden. Die vorangestellten drei Wissenschaftsdisziplinen, Psychologie, Künstliche Intelligenz und Robotik, verschmelzen sich im Rahmen der Entwicklung von Servicerobotern zur sogenannten Kognitiven Robotik. Hier existieren auch weiterhin aufgrund der unterschiedlichen Begriffsauffassungen keine etablierten Definitionen. Die Bildung einer in allen drei Forschungsbereichen akzeptierten Definition für Intelligenz, und letztlich damit auch für die Robotik, ist eine bis dato ungeklärte Aufgabenstellung.

Um das Adaptivität-Sicherheit-Paradoxon in der Robotik zu beschreiben, liegt dieser Arbeit folgende Gliederung zu Grunde: Zu Beginn wird in Abschnitt 2 die Bedeutung der Kognitionswissenschaften im Kontext dieser Arbeit aufgezeigt. Im Abschnitt 3 werden die Begriffe Adaption und Sicherheit dargelegt, um im Abschnitt 4 das Paradoxon zu umschreiben. Dieses geht aus der Liaison der beiden Begriffe *Adaption* und *Sicherheit* im Bezug auf die Entwicklungen in der Robotik hervor. Auf Basis dessen werden in Abschnitt 5 gesellschaftliche und ethische Fragestellung aufgegriffen, um die aufgestellten Thesen zu unterstützen. Abschließend werden im Abschnitt 6 die gesellschaftlichen Gefahren resümiert und Empfehlungen gegeben, worauf bei der Entwicklung und Integration von Kognitiven Systemen in der Servicerobotik zukünftig geachtet werden sollte.

## 2 Entwicklung der Kognitionswissenschaften

Die Kognitionswissenschaft ist ein interdisziplinäres Forschungsfeld, welches Disziplinen wie die Philosophie, Linguistik, Biologie, Medizin und Informatik zusammenbringt. Im Fokus dessen steht die Erforschung der Prozesse und Funktionen, welche ein intelligentes Verhalten ermöglichen [Gau08]. Die Grundlage der Philosophie des Geistes wurde bereits in der griechischen Antik von Platon und Aristoteles geschaffen, mit der Kernfrage: „Wie denken wir?“. Diese Frage führt unausweichlich zu dem Problem „des Verhältnisses von Gehirn und Geist, von Körper und Psyche, von Leib und Seele“ [Bru11, S. 176].

Nach Platon sind Seele und Körper zwei unterschiedliche Dinge, welche vollständig voneinander getrennt werden können. Diese Auffassung nach lässt sich Platon dem Substanzdualismus zuordnen, welcher von Descartes im 17. Jahrhundert begründet wurde. Gegenätzlich dazu argumentierte Aristoteles, das Körper und Seele aufeinander zu gerichtet sind und zusammen im Lebewesen zu einer Einheit verschmelzen und somit untrennbar sind [Bru11].

Die Weiterentwicklung von der Philosophie des Geistes mündet seit Mitte des 20. Jahrhunderts in die Kognitionswissenschaft, einer der Initiatoren dessen sind J.A. Fodor und Z. Pylyshyn. Hier wird der Prozess des Denkens, die Aktivität eines Systems menschlicher Informationsverarbeitung, analog zur Arbeitsweise von Computern angesehen, in welchem Informationen durch kodieren, dekodieren und transformieren aktiv verarbeitet und in mentale Repräsentationen gespeichert werden. Ähnlich wie bei Computersystemen ist auch dieses Verarbeitungssystem in seiner Kapazität beschränkt [Gau08].

Als Vordenker dieser Strömung gilt der Philosoph Immanuel Kant, der mit seinen Werken zum Verständnis des Geistes beigetragen hat. Auch wenn Schopenhauer nicht als direkter Vordenker der Kognitionswissenschaft gilt, behandelt er mit seinem philosophischem Werk „Die Welt als Wille und Vorstellung“ das Körper-Geist-Problem, aus welchem er als einer der ersten einflussreichen europäischen Denker sowohl dem Leib als auch der philosophischen Erkenntnis in gleicherweise eine entscheidende Rolle für unser Leben zuschreibt [Sch05]. Dieses Begründet er mit der Darlegung einer Subjekt-Objekt-Beschreibung, wie es mit Descartes Dualismus eingeführt wurde. Das Subjekt ist dabei die Entität des *Erkennenden Ich*, dem Träger einer Weltvorstellung. Zwangsläufig ist die-

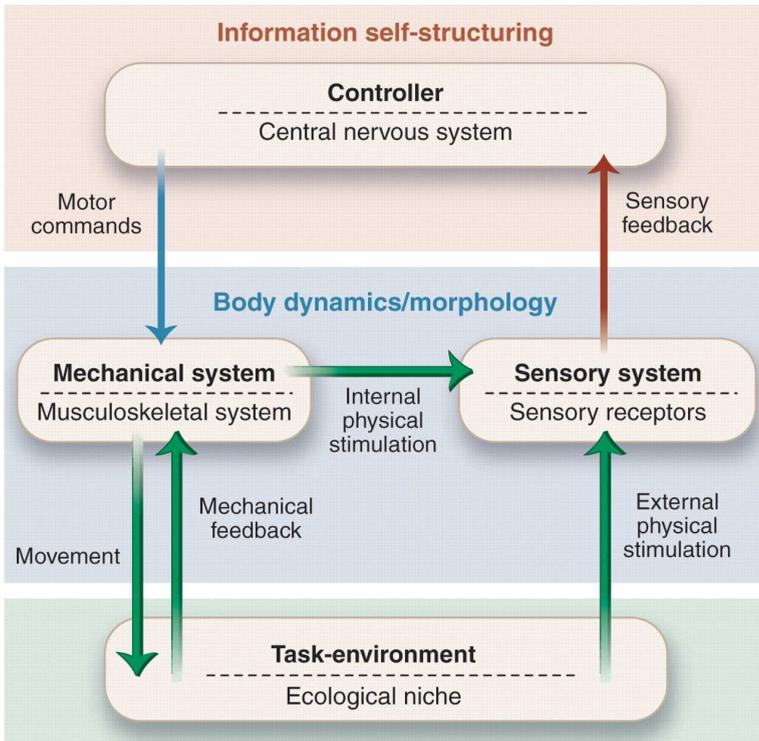


Abbildung 2: Theoretischer Entwurf wie Geist (Central nervous system) und Körper (Body) im Zusammenspiel mit der Umgebung (Ecological niche) und den darin gemachten Erfahrungen beeinflusst wird [PLI07].

ser Träger wiederum an einen Leib gebunden, einen wahrnehmenden Körper [Sch44]. Die Philosophen Immanuel Kant und Arthur Schopenhauer können mit ihren Erkenntnistheorien dem Konstruktivismus zugeordnet werden.

Die philosophische Idee, dass Bewusstsein stets einen umweltwahrnehmenden Körper benötigt, wird in der Theorie des *Embodiment* zusammengefasst.

Ein weiteres Feld der Kognitionswissenschaften ist die Kognitive Psychologie, welche mit Hilfe von experimentellen Methoden versucht, die Elemente des menschlichen Bewusstseins zu identifizieren und das Zusammenwirken der einzelnen Einheiten zu verstehen [Gau08]. Im Gegensatz dazu wird in der Kognitiven Robotik und der Künstlichen Intelligenz versucht die menschliche Leistungsfähigkeit nachzubilden. Während die Einen den Menschen versuchen zu analysieren, versuchen die anderen Disziplinen den Menschen zu simulieren oder sogar nachzuahmen. Somit ist der Mensch und seine Leistungsfähigkeit in allem Disziplinen mittelbar oder unmittelbar Bestandteil der Forschung.

Kognitive Systeme müssen jedoch nicht in Form einer menschlichen Gestalt auftreten. Es reicht aus, dass durch wahrnehmende Sensoren ein Körper geschaffen wird. Gleichwohl beschäftigt sich insbesondere die Kognitive Robotik damit, wie der Körper eines Roboters aussehen muss, damit dieser als Träger für kognitive Systeme dienen kann. Ein theoretischer Entwurf dessen ist in Abbildung 2 dargestellt. Dabei wird das mechanische System eines Körpers durch Kommandos bewegt. Während die Kommandos bei Lebewesen dem zentralen Nervensystem entstammen, bewegen bei Robotern Regler (engl. *controller*) den mechanischen Körper in ihrer ökologische Nische bzw. in ihrem Aufgabenumfeld. Diese Umgebungen nehmen in einer mechanischen Rückkopplung wiederum Einfluss auf das mechanische System, beispielsweise durch Druck auf Knochen, Gelenke oder passive Verformungen der Körperoberfläche, welche wiederum durch interne physische Stimulationen an das sensorische System weitergegeben werden. Die Wirkung dieser externen physikalischen Stimulationen hängen vom sensorischen System ab. Zu nennen sind hier beispielsweise Drück-, Temperatur- bis hinzu visuelle Stimulationen, welche in Form eines sensorischen Feedback an den Regler übergeben werden. Der Roboter ist wie auch der Mensch stets vollkommen in seine Umgebung eingepasst, da alle Kräfte wie Gravitation, Reibung des Untergrunds und atmosphärischer Druck, auf den Körper Einfluss nehmen [PLI07].

Die Auswirkungen der ökologischen Nische lässt sich an folgendem Beispiel aufzeigen: Ein Roboter auf der Erde muss seinem mechanischen System andere Kommandos übergeben als wenn er sich auf dem Mond oder Mars befindet, um sich in der jeweiligen Umgebung effizient fortzubewegen. Um dies zu erreichen, ist Adaption eine wichtige Voraussetzung.

### **3 Adaptivität und Sicherheit**

Adaptivität beschreibt die Fähigkeit, sich unterschiedlichen äußeren Umständen anzupassen. Dies setzt generell einen Akteur voraus, der mit einer höherdimensionalen Umwelt interagiert. Die Auswirkungen der Adaption bestimmen dabei das Wesen des Akteurs. Der unmittelbare Einfluss des Akteurs auf die Umwelt ist vorwiegend als lokal zu betrachten. Damit steigen in zunehmend dynamischen und undefinierten Umgebungen auch gleichermaßen die Anforderungen an die Anpassungsfähigkeiten des agierenden Systems, da der durch Manipulation zu erreichende Einfluss auf die Umgebung sinkt. Dies gilt insbesondere für autonome Systeme, die Bewegung und Kommunikation ohne Eingriff durch den Menschen ausführen [DIN11b].

#### **3.1 Aspekt der Sicherheit**

Im Allgemeinen wird Sicherheit als ein Zustand aufgefasst, der frei von Risiken oder Gefährdungen ist. Sicherheit ist stets bezugsabhängig und wird im Hinblick auf unterschiedliche Aspekte überprüft, beispielsweise beschreibt die DIN EN ISO 10218-2 Sicherheitsanforderungen für Robotersysteme. Im Vordergrund steht dabei die funktionale Sicherheit,

welches den Umgang mit unbestimmten Ereignissen beschreibt, um einen Schaden für den Menschen oder am System abwenden zu können. Bei diesem Sicherheitsverständnis wird versucht die Umgebung möglichst allumfassend zu umschreiben. Im Falle von Irregularitäten, welche als Fehler erkannt werden, wird nach einem definierten Verfahren das System in einen sicheren Zustand gebracht.

Die funktionale Sicherheit eines Systems sichert damit die physische Sicherheit des Menschen, die körperliche Unversehrtheit des Einzelnen. Bei der Überprüfung von Sicherheitsaspekten wird stets unterschieden zwischen individueller Sicherheit (Sicherheit des Einzelnen) und der kollektiven Sicherheit (die Sicherheit einer ganzen Gruppe oder, im Größeren, die Sicherheit der Gesellschaft). Ein Zustand der Sicherheit wird nur durch die Kontrolle der Gesamtheit allumfassend realisiert und kann in wohldefinierten Umgebungen gut maximiert werden. Dahingegen kann in dynamischen und unstrukturierten Umgebungen der Aspekt der Sicherheit nur durch Regelwerke angenommen werden.

Im Bezug auf die Robotik hat der Autor Isaac Asimov bereits 1940 erste Überlegungen angestellt, welche grundlegenden Regeln für Roboter in dynamischen Umgebungen existieren sollten [Asi82]. Im Rahmen von Debatten über den Einfluss und Auswirkungen von Robotersystemen auf den Menschen und die Gesellschaft, werden diese Gesetze gerne zur Orientierung aufgegriffen:

- §1 Ein Roboter darf keinen Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zu Schaden kommen lassen.
- §2 Ein Roboter muss den Befehlen eines Menschen gehorchen, es sei denn, solche Befehle stehen im Widerspruch zum ersten Gesetz.
- §3 Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, solange dieser Schutz nicht dem ersten oder zweiten Gesetz widerspricht.

Ein Sicherheitsaspekt welcher im Rahmen der Robotik bisher nur eingeschränkt betrachtet wurde, ist die wirtschaftliche Sicherheit. Diese beschreibt den Zustand der Unversehrtheit von materiellen oder finanziellen Mitteln. Auch dieser Aspekt wird unweigerlich mit zunehmender Verbreitung autonom agierender Systeme für die Gesellschaft an Bedeutung gewinnen.

## 4 Paradoxon

Der Begriff der Sicherheit wird stets aus Sicht einer speziellen Interessenlage heraus bedingt, gleichwohl soll Sicherheit allumfassend sein, um ein Risiko gänzlich auszuschließen. Der Grad der Sicherheit wird anhand der gesetzten Werte und der effektiven Durchsetzung dieser gemessen. Die Definition von Grenzen und Werten wirken unmittelbar auf den Akteur und schränken seine Adaptivität ein, mit der totalen Kontrolle wird entsprechend die Autonomie des Einzelnen so stark eingeschränkt, dass alle Zustände von einer äußeren Kraft vorgegeben wird.



(a)



(b)



(c)

Abbildung 3: Bilder aus dem Film *I, Robot* in denen Roboter einfache Aufgaben des täglichen Lebens übernehmen (Bildquelle: *I, Robot* - 2004)

Der Aktionsraum des Menschen ist eine dynamische Umgebung, welche in weiten Teilen weder definiert noch kontrolliert werden kann. Damit Roboter in einer solchen Umgebung Aufgaben ausführen können, müssen diese eine Fähigkeit der Adaption besitzen. Dieser Umstand schränkt jedoch auf gleicherweise die Aspekte der Sicherheit ein. Somit kann Adaptivität als Gegensatz zur Sicherheit gesehen werden. Ein Optimum für Sicherheit und Adaptivität zur gleichen Zeit ist nicht möglich. Einzig die Frage der Ausgewogenheit kann dabei analysiert werden.

Im Kontext der Entwicklung von intelligenten Robotern führt eine allumfassende Sicherheit unweigerlich zu Widersprüchen.

## 5 Gesellschaft-Ethische Fragestellung

Um die Auswirkungen des Adaptivität-Sicherheit-Paradoxons aufzuzeigen, werden im Folgenden mehrere Beispiele aus Science-Fiction Romanen bzw. Filmen aufgezeigt.

Der Film „*I, Robot*“ basiert auf dem gleichnamigen Buch von Isaac Asimov. Der Film beschreibt eine Zeit, in der ein Wandel von spezialisierten Robotern zu hochdynamischen, adaptiven Robotern vollzogen wird. Traditionelle Roboter wurden für eine spezielle Aufgabe programmiert und unterlagen den von Isaac Asimov aufgestellten Robotergesetzen, wie sie in Abschnitt 3.1 aufgeführt sind. Diese speziell programmierten Roboter bewältigen durchaus komplexe Aufgaben, wie beispielsweise Lieferdienste, Haustierfürsorge und Müllabfuhr (siehe Abbildung 3). Mit fortschreitenden technologischen Möglichkeiten sollen nun diese spezielle programmierten Roboter hin zu adaptiven und generisch einsetzbaren Systemen erweitert werden.

In der Fiktion werden mehrere interessante Fragestellungen aufgezeigt. Eine Problematik im Bezug auf Robotersysteme ist, dass ohne Bewusstsein keine ethischen Entscheidungen getroffen werden können. Dies äußert sich im Rahmen einer Rettungsaktion nach einem Unfall. Hier musste sich der Roboter bei der Lebensrettung zwischen einem älteren Mann und einem kleinen Kind entscheiden. Die Wahl viel dabei auf den Mann, da der Roboter anhand einer errechneten Überlebenschance seine Entscheidung getroffen hatte, nicht aber aufgrund von ethischen Überlegungen.

Weiterhin existiert in dem Film ein zentraler Rechner, ein programmiertes kognitives System, welches fest in das Firmengebäude der Roboterproduktionsfirma integriert ist. Dieses kognitive System überwacht die Produktion der Roboter. Zwar wurde dieses kognitive System bei der Entwicklung auch den Roboter Gesetzen unterworfen, konnte jedoch durch die Entwicklung eines Bewusstseins die Roboter Gesetze überwinden. In seiner Logik kam das System zur Schlussfolgerung, den Menschen zu unterwerfen, um die Menschheit vor sich selbst zu schützen. Da das kognitive System durch eine geschaltete Vernetzung Kontrolle über alle verfügbaren Sensoren und Einrichtungen übernehmen konnte, sollte die Machtübernahme durch den zentralen Produktionsrechner augenscheinlich auch gelingen.

Der Film zeigt den Widerspruch zwischen beweisbarer Sicherheit auf der einen Seite und höchst möglicher Adaptivität bis hin zum intelligenten Denken auf der anderen Seite auf und führt das Adaptivität-Sicherheit-Paradoxon ad extremum. Die steigende Adaptivität der Roboter mündet in intelligenten Systemen, die in ihrem Denken und Handeln nicht mehr vollständig nachvollziehbar sind. Gleichzeitig sind die Roboter im Film durch ihre gegebenen physikalischen Möglichkeiten den Menschen in ihrer Handlungsfähigkeit deutlich überlegen, sodass das kollektive Bewusstsein der Roboter zu einer ernsthaften Gefährdung der menschlichen Gesellschaft führt. Wenngleich dieses Beispiel als überspitzte Fiktion erscheint, so besteht das Paradoxon auch schon in heutigen technischen Systemen. Die gesteigerte Komplexität hochgradig adaptiver Systeme führt unweigerlich zu schwieriger nachvollziehbaren Handlungen, die eine Zertifizierung beweisbarer Sicherheit, wie sie heute im industriellen Alltag gefordert wird, nur teilweise ermöglichen.

Ein anderer Film „Robot and Frank (2012)“ ist für die Diskussion des Adaptivität-Sicherheit-Paradoxons nicht minder von Bedeutung. In dem Film wird eine Fiktion aufgezeigt, wo ebenfalls Roboter das tägliche Leben erleichtern sollen. Beispielsweise werden Roboter zur Altenpflege eingesetzt. Die Roboter haben dabei unterschiedliche Zielsetzung fest einprogrammiert, wie z.B. die Verschwiegenheit zur Wahrung der Privatsphäre des Besitzers. Auf der anderen Seite haben Altenpfleger-Roboter auch ein Animationsprogramm. In Ihrem Tätigkeitsspektrum sind sie äußerst adaptiv und können auch von Menschen neue Tätigkeiten erlernen. In dem Film wird die Beziehung zwischen Frank, einem alten senilen Juwelendieb, und seinem Altenpfleger-Roboter gezeigt, den er von seinem Sohn geschenkt bekommen hat. Das Paradoxon zwischen Adaptivität und Sicherheit zeigt sich darin, dass Frank dem Roboter Schritt für Schritt zum Dieb ausbildet. Er konnte dem Roboter glaubhaft vermitteln, dass die beigebrachten Tätigkeiten, wie dem Schlossknacken, für Frank eine mentale Stimulation sei und somit einem Hauptziel des Roboters diene. Durch die Adaptivität erlernt der Roboter neue Fähigkeit und passt sich an die Eigenheiten des Besitzers an. Dies zeigt den Widerspruch zwischen der Wahrung der individuellen Sicherheit (Schutz der Privatsphäre) und der kollektiven Sicherheit (Schutz der Gesellschaft).

## **6 Zusammenfassung**

In Abschnitt 1 wurde die Robotik im Wandel der Zeit und die Vielseitigkeit in der aktuellen Begriffsbildung aufgezeigt. Der Einsatz von Robotern in wohldefinierten Umgebungen wie Fertigungsanlagen ist de facto Stand der Technik. Definition und Einsatzgebiet

sind dabei technisch orientiert und es gibt nur wenige Überschneidungen mit Fragestellungen aus der Psychologie und Kognition. Wissenschaftlich wird jedoch ernsthaft an der engeren Verknüpfung zwischen Mensch und Maschine in Fertigungshallen und in der Servicerobotik gearbeitet. Dadurch gibt es ersten Überschneidungen mit dem Aktionsraum des Menschen. Die Entwicklung von intelligenten Robotern, die menschenähnlich operieren, ist ein aktives Forschungsgebiet, jedoch derzeit ohne umfangreichen wirtschaftlichen Einsatz.

In Abschnitt 2 wurde die Kognitionswissenschaft hinsichtlich der Robotik umschrieben. Anhand eines Modells wurde gezeigt, dass sich Roboter ebenso wie menschliche Systeme in ihre Umwelt einbetten. Da sich die Kognitionswissenschaft mit der Erforschung menschlicher Kognition beschäftigt, ist sie für die weitere Entwicklung intelligenter Roboter von besonderer Bedeutung. Die Begriffsbedeutungen von Adaptivität und Sicherheit wurden im Abschnitt 3 dargelegt und die Gegenläufigkeit der Begriffe in Abschnitt 4 aufgezeigt. Diese Widersprüchlichkeiten verhalten sich wie Gewichte auf einer Waage. Mit zunehmender Adaptivität geht Sicherheit durch nachvollziehbare Handlungen verloren.

Im Bezug auf die Entwicklung von kognitiven Robotern kann die Frage aufgeworfen werden, ob eine Sicherheit per se angenommen werden kann. Nach Schopenhauer beruht der Wille nicht auf einer Kraft, sondern die Kraft auf dem Willen [Sch44]. Die Triebe oder Kräfte sind nach seiner Auffassung Erscheinungsformen des Willens. Die Auffassung einer solchen metaphysischen Grundordnung birgt die Gefahr, dass aufgestellte Regeln, welche die Triebe und Kräfte regeln, im absoluten Sinne nicht existieren. Durch das Bewusstsein und seine Selbstreflexion kann der Mensch Triebe überwinden, bspw. den Willen zum Überleben in Form von Altruismus oder den Willen zur Fortpflanzung.

Roboter werden auch weiterhin und in gesteigertem Maße Einzug in die Gesellschaft finden, sofern sich daraus eine Erleichterung für den Menschen ableitet. Im Falle von autonomen Robotern wird mit zunehmender kognitiver Leistung die Betrachtung der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Sicherheit evident. Die Frage, die an eine zukünftige Gesellschaft gestellt werden muss, ist inwieweit kognitive Systeme instrumentalisiert oder mit Robotertechnik verbunden werden dürfen. Daher müssen bestimmte Grenzen schon heute aufgezeigt werden, um eine Technologie-Sicherheitsabschätzung betreiben zu können. Ausgehend von dem beschriebenen Adaptivität-Sicherheit-Paradoxon und der abgeleiteten Erkenntnis, dass Maschinen und Roboter die eine menschliche Kognition emulieren, nicht oder zumindest weniger stark kontrollierbar sind, kann im Rahmen einer solchen Debatte hilfreich sein. Aus technischer Sicht erfordert dies neue Methoden zur Überprüfung der Betriebssicherheit, da die beweisbare Sicherheit wie sie in strukturierten Arbeitsumgebungen vorherrscht, nur schwer auf die reale Welt außerhalb von Fertigungsanlagen übertragbar ist. Aus gesellschaftlicher Sicht müssen Rahmenbedingungen für den Einzug solcher Systeme in unseren Alltag aufgestellt werden, die in einer bisher zu wenig geführten Diskussion gefunden werden müssen. Dass die gesellschaftlichen und ethischen Fragestellungen derzeit nicht mit dem technischen Stand kongruent laufen, zeigen beispielsweise aktuelle Diskussionen um den weltweit schon stattfindenden militärischen Einsatz halbautonomer Systeme. Hier ist eine tiefgründige und auch gesellschaftlich breite Auseinandersetzung mit dem Themengebiet notwendig.

## Literatur

- [Asi82] I. Asimov. *Meine Freunde, die Roboter: Erzählungen*. Heyne-Bücher. Heyne, 1982.
- [BF12] U. Barthelmess und U. Fuhrbach. *Irobot - Uman: Künstliche Intelligenz und Kultur: Eine Jahrtausendealte Beziehungskiste*. Springer, 2012.
- [Bru11] Kirsten Brukamp. Philosophie des Geistes - Wiege des Denkens. In Martin Dresler, Hrsg., *Kognitive Leistungen*, Seiten 175–198. Spektrum Akademischer Verlag, 2011.
- [CAR93] J.B.A. CARROLL. *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-Analytic Studies*. Cambridge University Press, 1993.
- [DIN09] Europäische Norm - Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 1: Roboter (ISO 10218-1:2011), Juli 2009.
- [DIN11a] Europäische Norm - Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 2: Robotersysteme und Integration (ISO 10218-2:2011), Juli 2011.
- [DIN11b] Europäische Norm - Roboter und Robotikgeräte - Wörterbuch (ISO/DIS 8373:2010), April 2011.
- [Gau08] Siegfried Gauggel. Was ist Kognition? Grundlagen und Methoden. In *Neuropsychologie der Schizophrenie*, Seiten 12–18. Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [JIS86] Japanese Industrial Standard - Glossary of Terms for Industrial Robots (JIS-JSA B 0134:1986 No. 2110-2140), 1986.
- [PLI07] Rolf Pfeifer, Max Lungarella und Fumiya Iida. Self-Organization, Embodiment, and Biologically Inspired Robotics. *Science*, 318(5853):1088–1093, November 2007.
- [Ros06] Mark Rosheim. Leonardo's Knight. In *Leonardo's Lost Robots*, Seiten 69–113. Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- [Sch44] A. Schopenhauer. *Die Welt als Wille und Vorstellung*. Number v. 1 in *Die Welt als Wille und Vorstellung*. Brockhaus, 1844.
- [Sch05] Daniel A. Schmicking. Zu Schopenhauers Theorie der Kognition bei Mensch und Tier. Betrachtungen im Lichte aktueller kognitionswissenschaftlicher Entwicklungen. In G. Baum & D. Birnbacher & M. Koßler, Hrsg., *Schopenhauer-Jahrbuch 86. Die Entdeckung des Unbewussten: Die Bedeutung Schopenhauers für das moderne Bild des Menschen*, Seiten 149–176. Königshausen Neumann, 2005.
- [Spi11] Frank M. Spinath. Psychologische Intelligenzforschung – Provokation und Potenzial. In Martin Dresler, Hrsg., *Kognitive Leistungen*, Seiten 1–22. Spektrum Akademischer Verlag, 2011.