

Künstliche Intelligenz, Kognition und Robotik (KIKR)

1. Einleitung

Die Wissenschaftsdisziplin Informatik hat sich den Jahrzehnten ihres Bestehens grundlegend gewandelt. Während sie sich in ihren Anfangstagen vor allem damit beschäftigte, komplexe mathematische Aufgaben zu lösen, floss sie im Laufe der Jahre in immer mehr Bereiche ein, so dass es inzwischen nicht nur sehr viele Spezialisierungen im Bereich der Informatik gibt, sondern auch alle Lebensbereiche von der Informatik beeinflusst sind. Das Projekt InformAttraktiv hat es sich zur Aufgabe gemacht, das Forschungsprofil der Informatik zu analysieren und ein modernes, offenes und attraktives Bild der Informatik zu formen. Darüber hinaus soll die Analyse und Einordnung in die internationale Wissenschaftslandschaft helfen, Aspekte zur Neuorientierung zu erarbeiten, die die Innovationskraft der Informatik stärken und Synergien zwischen den Arbeitsgruppen zu fördern. Um dies zu erreichen, sollen insbesondere Methoden der Genderforschung helfen.

Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung des Profils ist der Forschungsbereich Informatik an der Universität Bremen. Die dortigen Profildbereiche spiegeln exzellente Forschung, ausgezeichnete Wirtschaftskontakte und aktuelle Förderpolitik wider und sind geeignet, eine Pilotfunktion für die Neubestimmung der Informatik im nationalen und internationalen Raum einzunehmen.

Die Informatik in Bremen ist durch drei Profildbereiche gekennzeichnet: "Sicherheit und Qualität" (SQ), "Künstliche Intelligenz, Kognition und Robotik" (KIKR) sowie "Digitale Medien und Interaktion" (DMI).

Die Anfänge der Informatik werden in der Mathematik oder dem ingenieurwissenschaftlichen Bereich gesehen (Coy, 2004). Aus dieser Perspektive erschließt sich nicht unmittelbar, welchen Stellenwert der Mensch in dieser Disziplin hat, da Aspekte wie Berechenbarkeit, Modellbildung und Abstraktion im Vordergrund stehen (und dabei vielleicht sogar den Blick auf den Menschen verstellen). In den folgenden Abschnitten soll daher neben den Forschungsinhalten auch Rolle des Menschen innerhalb des Profils KIKR betrachtet werden. Diese Betrachtung ist aus vielerlei Gründen erforderlich. Es ist der Mensch, der als Entwickler schöpferisch tätig ist. Die Art der Abstraktion, mit der eine Problemstellung informatischen Methoden verfügbar gemacht wird, beruht also auf seiner Gestaltung. Andererseits ist der Mensch auch Nutzer und Kritiker von Technologie aus dem Spektrum informatischer Entwicklungen. Das gilt auch im größeren Maßstab auf gesellschaftlicher Ebene: Die Kultur und ihre jeweilige Denktradition stellt den Rahmen dar, in welchem geforscht werden kann. Sie inspiriert Forschung und limitiert die Spannweite der

Forschungsthemen gleichermaßen. Daneben wird durch die Kultur auch die Beurteilung informatischer Forschung determiniert und über Akzeptanz oder Ablehnung von Entwicklungen aus der Informatik entschieden. Die Bedeutung von Mensch und Kultur kann daher kaum überbewertet werden, ganz gleich, ob es um Forschungsinhalte, die Beurteilung durch die Nutzenden oder das Bild der Informatik in der Öffentlichkeit geht.

In den folgenden Abschnitten wird eine historische und gesellschaftliche Einordnung des Forschungsprofils KIKR sowie eine Zusammenfassung der Forschungsthemen und -methoden gegeben und ausgewählte zentrale Aspekte näher beleuchtet. Diese Darstellung basiert auf der Durchsicht repräsentativer Veröffentlichungen, der Selbstdarstellung der Arbeitsgruppen (z.B. Websites) und Interviews mit Vertretern des Profils.

2. Künstliche Intelligenz, Kognition und Robotik

Die einzelnen Teilgebiete dieses Profils stellen sich heterogen dar. Die *Künstliche Intelligenz* (KI) ist der Bereich der Informatik, in welchem die Automatisierung intelligenten Verhaltens im Zentrum steht. Der Begriff der *Kognition* (lat. *Cognoscere*: erkennen, erfahren) beschreibt - im Rahmen einer informatischen Definition - die von einem verhaltenssteuernden System ausgeführte Umgestaltung

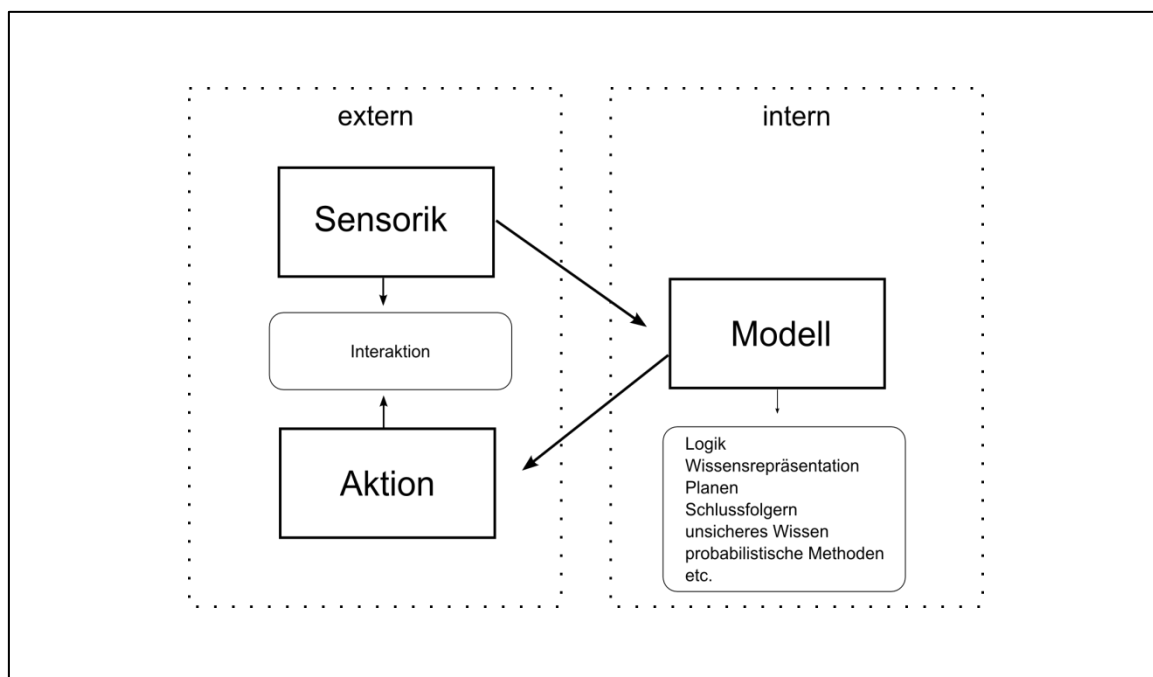


Abb. 1: Schematische Darstellung des Profils KIKR

von Information. Die *Robotik* beruht auf dem Konzept der Interaktion mit der physischen Welt auf Prinzipien der Informationstechnik sowie auf technisch machbarer Kinetik. Trotz der deutlichen Unterschiede, lassen sich diese Teilgebiete in einem gemeinsamen Schema zusammenfassen. Der

in Abb. 1 als *intern* gekennzeichnete Bereich repräsentiert ein hypothetisches Modell der Welt und die Abstraktion der gestellten Aufgabe, mit der diese den Methoden der KI verfügbar gemacht wird. *Externe* Komponenten ermöglichen die Interaktion mit der Außenwelt – und das sowohl rezeptiv (Sensorik) als auch agierend (Aktion). Der rezeptive Anteil stellt dabei Informationen über die Außenwelt zu Verfügung, die als Grundlage der kognitiven Informationsumgestaltung innerhalb des Modells zu Verfügung stehen. Der agierende Anteil ermöglicht es wiederum auf Basis der verarbeiteten Daten auf die Umwelt einzuwirken.

Ein gemeinsames Ziel im Forschungsprofil KIKR ist es, Computersysteme und Roboter zu entwickeln, welche Fähigkeiten von biologischen Organismen – besonders von Menschen - nachahmen. Die Wahrnehmung (z.B. das menschliche Sehen und Hören), motorische Fähigkeiten, Lokomotion, die Koordination mit Anderen (z.B. beim Fußballspiel) oder der Umgang mit räumlichem und zeitlichem Wissen zur Navigation oder Lokalisation geschehen beim Menschen selbstverständlich und mit Leichtigkeit, obwohl sie einen nicht unbeträchtlichen Rechenaufwand für das menschliche Gehirn darstellen. Dabei ist es in keinerlei Hinsicht eine triviale Aufgabe, diese Fähigkeiten auf ein Computersystem zu übertragen.

3. KIKR in der Forschung

Der Begriff Künstliche Intelligenz (KI) wurde in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts u.a. von Minsky, Shannon und McCarthy geprägt, und führte insbesondere in der Anfangsphase zu einer fast grenzenlosen Erwartungshaltung: Die sog. *starke KI* hatte zum Ziel, eine allgemeine Intelligenz zu schaffen, die der des Menschen gleicht oder diese übertrifft. Demgegenüber steht die *schwache KI*, die eher drauf abzielt, konkrete Anwendungsprobleme zu meistern, zu deren Lösung spezifische Intelligenzleistung erforderlich ist. Die schwache KI ist heutzutage im Fokus der Forschung in der Informatik, während die starke KI eher Philosophen beschäftigt (Russell & Norvig, 2003). Diese Tendenz zur Spezialisierung spiegelt sich auch in der heutigen Forschungslandschaft wider, gut zu erkennen an den inhaltlich heterogenen Forschungsgebieten, die dem Profil KiKR zugeordnet werden können. Kolo et al. (1999) ergänzen, dass Nachbardisziplinen der Informatik eine immer größere Rolle spielen. So werden in der Forschung des Profils typische Bereiche der KI, z.B. der Wissensrepräsentation, des Schlussfolgerns und der Kommunikation aus einer interdisziplinären kognitionswissenschaftlichen Forschungsperspektive betrachtet. Das Spektrum der Arbeiten umfasst die Implementierung raum-zeitlicher kognitiver Modelle in virtuellen und realen Umgebungen, sowie empirische Untersuchungen der Interaktion menschlicher und künstlicher

kognitiver Agenten. Besonders hervorgehoben werden in diesem Zusammenhang beispielsweise die Konzeptualisierung raum-zeitlicher Relationen durch qualitative Repräsentationen, die Verarbeitung ungenauer, unvollständiger, unscharfer, ungewisser und widersprüchlicher Informationen aus der Umgebung oder die Interaktion zwischen mentalen und externen räumlichen Repräsentationen.

In diesem Zusammenhang werden an der Universität Bremen hybride wissensbasierte Systeme entwickelt, die sowohl elementare kognitive Fähigkeiten, wie etwa die Mustererkennung, mit höheren kognitiven Leistungen, wie Wissensrepräsentation und Schlussfolgerung kombinieren. Weitere Forschungsfragen stehen im Zusammenhang mit der räumlichen Repräsentation im menschlichen Gehirn, Aktivitätserkennung oder dem Umgang mit unsicherem Wissen. Damit ein intelligentes System Informationen über seine Umgebung erhalten kann, muss es mit Sensoren ausgestattet sein. Dies führt in den Bereich der Bildverarbeitung oder Computer Vision. Hier stellt sich die Frage nach der Qualität der Sensordaten: Dabei erschwert zum einen Rauschen die Interpretation der Daten, aber auch komplexere optische Phänomene, wie z.B. Licht, Schatten, Unschärfe und Reflexionen. Das Ziel ist hier, Algorithmen zu finden, die es ermöglichen, die Sensordaten trotz der genannten Schwierigkeiten zu nutzen. Eine besondere Anforderung ist dabei, diese Algorithmen in Echtzeit anzuwenden. Die Fortsetzung dieses Gedankens führt in den Bereich der Robotik: Um die tatsächliche Interaktion des modellierten Systems mit seiner Umgebung zu ermöglichen, sind nicht nur Sensoren, sondern auch Effektoren erforderlich. Die Robotik versteht sich hier als integrierende Wissenschaft, die gleichermaßen Inhalte der KI und Kognitionswissenschaft, Elektrotechnik und Mechatronik umfasst. Dabei ist eine zentrale Aufgabe, mobile Robotersysteme zu entwickeln, die in der Lage sind, in jeweils unterschiedlichen Umgebungen (z.B. an Land, zu Wasser, in der Luft oder im Weltraum) komplexe Aufgaben zu lösen. Die Inspiration für die Konstruktion kommt dabei, ganz ähnlich wie im Bereich der Kognition, oftmals aus der Biologie, um die Vorteile von evolutionär bewährten Formen und Bewegungsmustern zu nutzen.

Besonders hervorgehoben wird **der Transfer von Ergebnissen der Grundlagenforschung auf die Anwendung**. Im Bereich der Robotik wird ein Spektrum von Anwendungen genannt, das von Unterwasser-, Weltraumlogistik über LPC- (Logistik, Produktion und Consumer) , SAR- (Search and Rescue) bis zu Sicherheitsrobotik reicht. Die Umsetzung der Forschung auf die Anwendung ist natürlich auch ein wirtschaftlicher Faktor. Es werden beispielsweise Forschungsthemen wie wissensbasierte Systeme für die Logistik oder modellbasierte Diagnose, Data Mining und Knowledge Discovery, Bildverstehen, Videoanalyse und Video Abstracting genannt. Dabei wird

besonders hervorgehoben, dass die in der KI entwickelten Methoden starke Innovationsquellen für erfolgreiche Anwendungen der Informatik sein können. Darüber hinaus wird großes Potential des Einsatzes wissensbasierter Methoden für „Wertschöpfung und Produktivität“ in den Bereichen Logistik, Produktion, Wartung, Service, Vertrieb und Medizin erwartet.

Ein weiteres Anwendungsfeld der Forschung sind **Assistenzsysteme für hilfebedürftige Menschen**, insbesondere der Bereich des Ambient Assisted Livings (AAL). Hierzu steht ein Appartement als Experimentierplattform zur Verfügung, in dem technische Hilfsmittel für die Unterstützung von hilfebedürftigen Menschen im Alltag entwickelt und evaluiert werden können. Die Grundidee ist, dass Senioren ihre Zukunft aktiv planen können, indem sie in einer möglichst frühen Lebensphase eine ansprechende Wohnsituation gestalten, in der sie auch später, wenn sie hilfebedürftig sind, möglichst lange selbstständig leben können. Dafür ist es erforderlich, Szenarien für das Wohnen mit verschiedenen altersbedingten physischen und kognitiven Einschränkungen zu antizipieren und zu planen, auf welche Weise sie durch Assistenz kompensiert werden können. (Krieg-Brückner et al., 2009). Letztlich ist das Ziel, zunächst ganz ‚normale‘ Wohnungen bei Bedarf modular zu erweitern, und an den individuellen Hilfebedarf anzupassen (z.B. mit Sturzerkennungssystemen im Badezimmer). Es wird mit Kliniken und Anwenderverbänden zusammengearbeitet, um die *Alltagstauglichkeit* der AAL-Assistenzsysteme zu überprüfen.

4. Informatik und Wissenschaftstheorie

In der Literatur wird die Frage aufgeworfen, ob es sich bei der Informatik überhaupt um eine Wissenschaft im klassischen Sinne handelt oder eher um eine technisch-praktische Disziplin mit losem Anschluss an die Wissenschaften (z.B. Coy, 2004). Für das Profil KIKR lässt sich diese Frage eindeutig beantworten und die Anschlusspunkte an die zentralen Pfeiler der klassischen Wissenschaftstheorie benennen. Die Methodik in diesem Profil ist multidisziplinär und umfasst insbesondere psychologische, neurowissenschaftliche sowie informatische Methoden. Das Vorgehen ist häufig zweistufig: Auf der einen Seite werden empirische Daten (z.B. an Menschen) erhoben, die auf der anderen Seite dazu dienen können (1) Hypothesen über die Struktur und Funktionsweise einer biologischen, kognitiven oder intelligenten Leistung (oder Konstruktion) zu generieren oder (2) bereits bestehende Modelle zu diesen Leistungen zu bestätigen. Neben diesen induktiven Verfahren werden Modelle (oder zu überprüfende Hypothesen) deduktiv auf theoretischer Basis generiert.

Ein anschauliches Beispiel, nicht nur für das enge Verhältnis von Grundlagenwissen und Anwendung, sondern auch für die Verortung der KIKR-Forschung innerhalb des erkenntnistheoretischen Prozesses, ist der der 'Bremer Autonome Rollstuhl *Rolland*'. Rolland ist ein intelligenter Elektrorollstuhl für behinderte und ältere Menschen, der mit Sensorik und Steuercomputer ausgestattet ist. Diese Entwicklung eines Assistenzsystems für hilfebedürftige Menschen ist darüber hinaus eine wissenschaftliche Experimentierplattform und ein Demonstrator für den Einsatz formaler Methoden bei der Entwicklung eingebetteter Systeme. Die Forschung konzentriert sich dabei auf Fragen der Navigation, wobei Erkenntnisse aus der Psychologie und der Neurobiologie berücksichtigt werden. Gleichzeitig besteht andersherum die Möglichkeit, offene Fragen in diesen Bereichen durch die technische Umsetzung auf einem Roboter zu beantworten. Dieser Aspekt ist für die Forschung besonders wichtig, da sich das Vorwissen des untersuchten

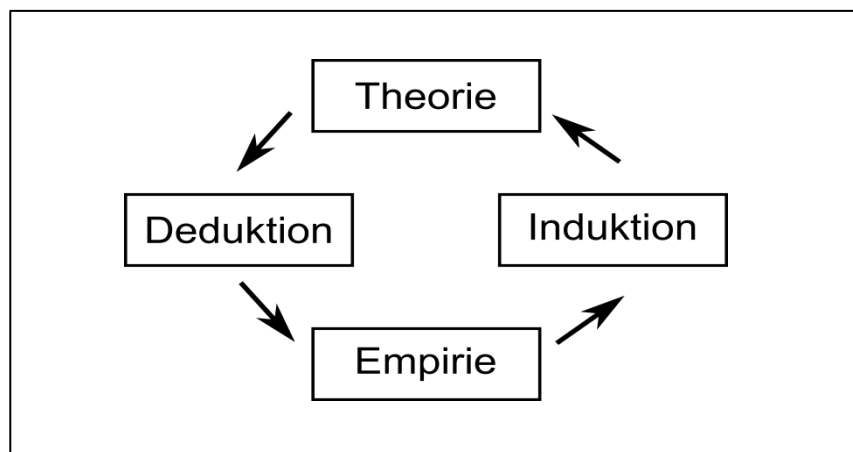


Abb. 2: Klassische Wissenschaftstheorie und der Erkenntnisprozess

Roboters, im Gegensatz zu tierischen und menschlichen Probanden, in allen Einzelheiten kontrollieren lässt. Mit dem Mittel der *Konstruktion* wird hier also nicht nur der ingenieurwissenschaftliche Beweis der Machbarkeit eines technischen Systems erbracht, es wird gleichzeitig ein empirisches Instrument geschaffen, mit dem der induktive Schluss möglich ist, und das bei maximaler Kontrolle über alle untersuchungsrelevanten Parameter. Die Forschung im Profil KIKR fügt sich nahtlos in die klassische Wissenschaftstheorie ein und ergänzt genuin informatische Methoden, die auch für andere Disziplinen eine wertvolle Erweiterung darstellen. Das bedeutet aber automatisch, dass sich die Informatik mit dem Profil KIKR auch der klassischen Kritik an der Wissenschaftstheorie stellen muss (z.B. Popper, 1959; 1979).

5. Cartesianischer Dualismus

Im Profil KIKR zeigt sich - mit dem Ziel Computersysteme und Roboter zu entwickeln, welche Fähigkeiten von biologischen Organismen haben (s. Abschnitt 2) und mit der starken Betonung der Inspiration durch die Biologie, die sowohl Algorithmen als auch die Kinetik betrifft - eine besondere Nähe zur ‚natürlichen Welt‘. Die rationalisierende Begründung dieser **Inspiration durch die Natur** ist, dass Mechanismen, die sich über hunderttausende von Jahren im Laufe der Evolution entwickelt haben, üblicherweise außerordentlich effizient und robust sind und damit dem überlegen, was ein Mensch in wenigen Jahren Förderungsdauer eines Forschungsprojektes entwickeln kann. Auffällig ist, dass Natur und Technik hier als binäres Paar auftreten, also im Sinne des cartesianischen Dualismus entgegengesetzte Begriffe sind. Daneben ist anzumerken, dass die Natur typischerweise weiblich, die Technik hingegen männlich konnotiert ist (Fausto-Sterling, 2004) – die ‚weibliche‘ Natur ist hier schöpferische Grundlage, um ‚männliche‘ Technik zu generieren. Die Aussage, Techniken zur Naturbeherrschung zu entwickeln sei ‚männlich‘, wie sie in der feministischen Literatur zu finden ist (z.B. Daly, 1978), reiht sich lückenlos in diese Argumentation ein.

Die cartesianisch dualistische Denktradition spiegelt sich auch in anderen Bereichen der Forschung des Profils KIKR. So inspirierte die starke KI unter dem Eindruck, dass Intelligenz unabhängig von der Trägersubstanz Gehirn sein kann, bemerkenswerte Voraussagen: Minsky (vgl. Sesink, 1993) äußert beispielsweise die Idee, alle Teile einer Persönlichkeit seien von Körper abtrennbar, auf Maschinen übertragbar und Unsterblichkeit damit potentiell realisierbar. Moravec (1988) spricht vom Ende des biologischen Lebens und der zukünftigen Evolution einer technischen Intelligenz. Newell & Simon (1961) bemühen sich mit dem *General Problem Solver* ein System zu entwickeln, das menschliches Denken simuliert und damit beliebige Aufgabenstellungen lösen kann. Keine dieser Voraussagen, von denen hier nur wenige Beispiele angeführt sind, ist auch nur im Ansatz eingetreten – sicher auch, wie Sesink (1993) schreibt, weil weder Klarheit über die Eigenschaften von Intelligenz noch eine allgemeine Definition des Intelligenzbegriffs existieren. Franck (1991) erklärt zusätzlich in diesem Zusammenhang, ein weiteres bemerkenswertes Kennzeichen der KI sei die weitgehende Ausgrenzung erkenntnistheoretischer und grundlegender philosophischer Fragen. In den Gründungstagen der KI (und in manchen Strömungen bis zu heutige Tage) zeigt sich eine auffällige Einteilung des Menschen in das dualistische Antagonistenpaar *Körper und Geist*. Der Körper wird hier als Last oder sogar als entbehrlich angesehen, und der reine Geist ist erst in seiner unsterblichen Formalisierung verfügbar. Bemerkenswert ist, dass der *res extensa im descartschen Sinne*, also der Körperlichkeit, eher weibliche Eigenschaften zugesprochen werden. Die *res*

cogitans, Descartes Idee vom Geist als Gegenspielers des Körpers, wird hingegen eher mit männlichen Eigenschaften assoziiert (Fausto-Sterling, 2002). Dieses Menschenkonzept der frühen KI (und anderer Disziplinen, besonders der Biologie und Psychologie), welches kritisch betrachtet als Mischung aus dem Dualismus der Antike und der griechischen-christlichen Interpretation vom sterblichen Körper und einer ablösbaren, unsterblichen Seele wirkt, wird in den letzten Jahrzehnten von der Strömung des **Embodiment** in Frage gestellt. Die grundlegende These dieser – auch **Enactivism** oder **Embodied Cognition** genannten – Denkrichtung ist, dass Intelligente Leistungen ohne den Körper nicht möglich sind. Eine intelligente Leistung wird danach durch das informationsverarbeitende System in der physikalischen Interaktion erst konstituiert. Im Bereich der Wahrnehmungspsychologie gelten diese Thesen als bestätigt: Die Wahrnehmung ist kein rein rezeptiver Vorgang, sondern immer im Verhältnis zur Motorik zu verstehen, so wie z.B. das Sehen nur möglich ist, wenn die Bewegungen des Auges stattfinden. Ebenso kann keine Bewegung ohne die propriozeptive, sensorische Rückmeldung ausgeführt werden. Die gleiche Verschränkung von Körper und Informationsverarbeitung gilt für höhere kognitive Leistungen, wie etwa die Repräsentation von Raum im menschlichen Gehirn und das darauf beruhende Navigationsverhalten (Zetzsche et al., 2007). Auch Erkenntnisse aus dem Bereich der Entwicklungspsychologie (z.B. Piaget, 1973; Dornes, 2001) stützen die Idee, dass bei der Betrachtung und von Intelligenz immer der *Complete Agent* berücksichtigt werden muss, und nicht nur sensorische oder motorische Teilleistungen und führen dazu, dass diese Ansätze immer weitere Verbreitung im Bereich der KI finden (z.B. Brooks, 1999; Clark, 1997).

6. Selbststeuerung

Ein weiteres Feld des Profils KIKR, mit seiner Bestrebung, selbststeuernde Roboter und unabhängig agierende Computersysteme zu schaffen, lässt sich auf den Begriff der **Autonomie** konzentrieren. Dieses Bestreben nach Autonomie wird auch durch Forschung auf dem Gebiet der Logistik repräsentiert. Die Problemstellung ist hier, dass die bisherigen zentralen Steuerungssysteme aufgrund der vielfältigen und komplexen Logistikprozesse zunehmend an ihre Grenzen stoßen. Der Lösungsansatz ist die dezentrale Organisation der Steuerung. Das Ziel ist ein autonomes Transportgut, das darüber informiert ist, was es ist, wo es sich befindet, wie seine Umwelt beschaffen ist und welches mit anderen autonomen Objekten kommunizieren kann, um auf dieser Basis selbstständig über seinen eigenen Transportweg zu entscheiden. Auf diese Weise wird nicht nur die zu verarbeitende Datenmenge reduziert, sondern es kann auch schnell auf Veränderungen und unvorhersehbare Ereignisse reagiert werden. Ermöglicht wird diese Art der dezentralen

Logistiksteuerung durch Technologien, die oft unter dem Begriff *Internet der Dinge* subsumiert werden, z.B. Technologien zur automatisierten Identifikation von Objekten (RFID), Sensoren, die sich selbstorganisiert zu Netzwerken zusammenschließen, Ortungs- und Kommunikationstechnologien und bestimmte Softwarekonzepte, z.B. Multiagentensysteme (Herzog, 2009).

Das Verhältnis der Menschen zu autonomer Technologie ist zweifellos zwiespaltig. Einerseits bewirkt sie Faszination und positive Zukunftsvisionen, andererseits löst sie auch Furcht aus. Die psychologischen Wurzeln dieser Ambivalenz mögen im frühkindlichen Erleben liegen: Der Säugling gewinnt mit zunehmender Muskelkontrolle (z.B. Krabbeln) immer mehr autonome Gestaltungsmöglichkeiten, setzt sich dadurch aber auch immer größeren Risiken aus. *Abhängigkeit* auf der anderen Seite schränkt hingegen die eigenen Handlungsmöglichkeiten ein, gewährleistet aber gleichzeitig maximale Sicherheit. Die frühen, nonverbalen Konzepte des Denkens bleiben beim Erwachsenen in ihren Grundzügen erhalten und spielen nicht nur eine Rolle im individuellen Lebensverlauf, sondern spiegeln sich auch in der Kultur wider (Laplanche & Pontalis, 1974). Erwähnenswert ist hier, dass Autonomie bzw. Abhängigkeit kulturell männliche bzw. weibliche Attribute darstellen. Darüber hinaus findet sich in der Literatur der letzten Jahrhunderte, vom Faustus-Homunkulus über Dr. Frankenstein's Monster bis hin zum Williamsons oder Asimovs Science-Fiction immer wieder das Motiv des vom Menschen geschaffenen, autonomen Helfers. John Carpenters (1974) *Dark Star* mit seiner Vision von autonomen Bomben, die im Gespräch über ihre Bestimmung informiert werden, wirkt wie eine übersteigerte Vision des im Bereich der Logistik erwähnten kommunikationsfähigen Transportguts, das über seinen Weg selber entscheidet. Nicht nur die intensive Auseinandersetzung in Kunst und Literatur zeigt die gesellschaftliche Relevanz dieses Themas. Beck (2009; 2010) beschäftigt sich aus juristischer Perspektive mit der zunehmenden Autonomie von Robotern und besonders mit der Frage, ab welchem Grad der Selbststeuerung ein Computersystem selbst für Fehler haften kann.

7. Die Profile in der Informatik

Natürlich ist die Trennung der Profile KIKR, DMI und SQ künstlich und soll eher einen orientierenden Charakter haben: Es finden sich zahlreiche Schnittstellen zwischen den Profilen. Das Profil SQ reicht zweifellos in jeden anderen Bereich der Informatik. Am Beispiel des autonomen Rollstuhls Rolland, z.B. in der Suche nach *robusten* Techniken, die es dem Rollstuhl ermöglichen, auf der Basis von einfachem Grundverhalten (wie Wandverfolgung oder Einbiegen in eine Tür) komplexe Verhaltensweisen zu erlernen. Weiterhin spielen Sicherheitsaspekte in der

Rehabilitationsrobotik eine besonders große Rolle, da - im Gegensatz zur klassischen Industrierobotik - Menschen in direkter Abhängigkeit von dem autonomen Rollstuhl leben: Im Fall des Rolland wurden mit Hilfe einer Bedrohungsanalyse Sicherheitsanforderungen definiert, die als Basis für ein Sicherheitsmodul dienen.

Die Tatsache, dass der Rolland potentiell ein wesentlicher Teil des Lebens der Nutzer sein kann, begründet einen weiteren Schwerpunkt der Forschung im Bereich der Mensch-Maschine Interaktion (z.B. Spracheingabe) und bildet damit eine Schnittstelle zum Profil DMI. Das gilt natürlich nicht nur für den Rolland, sondern den gesamten Bereich des AAL und die Entwicklung von Assistenzsystemen im Allgemeinen. Auch der Bereich *Spatial Media*, also Digitale Medien, die geografische Daten nutzen und dabei Computergrafik, Mustererkennung, mobile Medien mit Geoinformatik kombinieren, gehört gleichermaßen zum Profil DMI wie auch zum Profil KIKR.

Auch der bereits erwähnte Paradigmenwechsel von der Fragmentierung von Körper und Geist Intelligenz zur Integration im der Strömung des Embodiment vollzieht sich nicht nur innerhalb des Profils KIKR, sondern betrifft die gesamte Informatik und weiterhin einen weiten Bereich anderer Wissenschaftsdisziplinen, besonders die Kulturwissenschaften, Biologie und Psychologie. Dementsprechend gibt auch im Profil DMI den Begriff der *Embodied Interaction*, also die Nutzung Körpers als Eingabegerät des Computers. Die Grenze zwischen den Profilen erscheint hier zunächst unscharf, lässt sich aber durch die Frage nach der Perspektive deutlich ziehen: Während im Profil DMI der Mensch in seiner Interaktion mit dem System im Mittelpunkt steht, ist das System selber zentraler Aspekt im Profil KIKR. Die Profile nähern sich dem Thema von zwei Seiten. Diese beiden Perspektiven finden sich auch bei Norman (1986), der als zentrale Aufgaben der Zukunft nennt, entweder (1) das System näher zum Nutzenden zu bringen, oder (2) den Nutzenden näher an das System.

8. Abschluss

Die vorangegangenen Abschnitte beinhalten einen Überblick über die Forschung im Profil KIKR, zudem eine historische und kulturelle Einbettung. Daneben ist zu erwähnen, dass im 21. Jahrhundert besondere Herausforderungen an die Entwicklung neuer Technologien gestellt werden. Zum einen führt verschärfter wirtschaftlicher Druck dazu, dass Themen wie Effizienzsteigerung oder Automatisierung der Produktion besonders prominent sind. Gleichzeitig hat das rasant zunehmende Interesse an Neuro/Kognitionswissenschaften in den letzten 20 Jahren auch die Entwicklung der Informatik geprägt. Letztlich sollte nicht unterschlagen werden, dass der demographische Wandel, d.h. die Veränderung der Altersstruktur in der Gesellschaft, die

Forschungsaufgaben und Anwendungen der Informatik deutlich beeinflusst.

Allgemein ist die Entwicklung neuer Technologien durch eine wachsende Bedeutung von Interdisziplinarität geprägt, die sich in der engen Zusammenarbeit der Informatik mit anderen Disziplinen, wie etwa der Biologie, Psychologie und Linguistik widerspiegelt. Auch sind die einzelnen Teilbereiche des Profils Künstliche Intelligenz, Kognition und Robotik eng miteinander verschränkt. Letztlich lässt sich eine zunehmend enge Verknüpfung von Grundlagenforschung und der Entwicklung von Anwendungen feststellen, wie sie von Kolo et. al. (1999) prognostiziert wurde. Die Ergebnisse dieser Forschung stellen dabei sowohl Grundlagen dar, die neben ihrem Nutzen für die Informatik ebenso in der Biologie, Psychologie oder Medizin eine Rolle spielen können. Sie dienen aber auch der konkreten Anwendung, z. B. bei der Entwicklung von (Industrie-) Robotern oder Assistenzsystemen für hilfebedürftige Menschen, der Optimierung betrieblicher Abläufe, und tragen letztlich auch zu Fragen der Mensch-System Interaktion bei, d.h. zur Optimierung der menschlichen Bedienbarkeit von technischen Systemen.

Literatur

Beck, S. (2009). *Grundlegende Fragen zum rechtlichen Umgang mit der Robotik*, Juristische Rundschau 6, S. 225-230.

Beck, S. (2010). *Roboter, Cyborgs und das Recht - von der Fiktion zur Realität*. In: Spranger (Hrsg.). *Recht der Lebenswissenschaften*, Berlin,:: Lit-Verlag S. 95 - 120.

Brooks, R. A. (1999). *Cambrian Intelligence: The Early History of the New AI*. Cambridge, MA: MIT Press.

Carpenter, J. (1974). *Dark Star* (Film). Jack H. Harris Enterprises.

Coy, W. (2004). *Was ist Informatik? Zur Entstehung des Faches an den deutschen Universitäten*. In: Clark, A. (1997). *Being There: Putting Brain, Body and World Together Again*. Cambridge, MA: MIT Press.

Daly, M. (1978): *Gyn-ecology: the metaethics of radical feminism*. Boston: Beacon Press.

Dornes, M. (2001): *Der kompetente Säugling: Die präverbale Entwicklung des Menschen*. Frankfurt: Fischer.

Fausto-Sterling, A. (2002). *Sich mit Dualismen duellieren*. In: Pasero, U. & Gottburgsen, A. (Hg.). *Wie natürlich ist Geschlecht? Gender und die Konstruktion von Natur und Technik*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, S. 17–64.

Franck, E. (1991). *Künstliche Intelligenz. Eine grundlagentheoretische Diskussion der Einsatzmöglichkeiten und -grenzen*. Tübingen: Mohr.

Hellige, H. D. (Hrsg.). *Geschichten des Informatik: Visionen, Paradigmen, Leitmotive*. Springer: Berlin.

Herzog, O. (2007). *Statement des Sonderforschungsbereiches 637 Selbststeuerung logistischer Prozesse*. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Universität Bremen, 24. - 27.09.2007.

Kolo, C., Christaller, T. & Pöppel, E. (1999). *Bioinformation: Problemlösungen für die Wissensgesellschaft*. Heidelberg: Physica-Verl.

Krieg-Brückner, B.; Gersdorf, B., Döhle, M. & Schill, K. (2009). Technik für Senioren in spe im Bremen Ambient Assisted Living Lab. 2. Deutscher AAL-Kongress 2009. 27.-28.1.2009, Berlin.

Laplanche, J. & Pontalis, J.-B. (1973). *Das Vokabular der Psychoanalyse*. Berlin: Suhrkamp.

Moravec, H. (1988). *Mind Children. The Future of Robot and Human Intelligence*. Cambridge & London: Harvard Press.

Newell und H. A. Simon (1961). *GPS, a program that simulates human thought*. In: Feigenbaum, E. & Feldmann, J. (Hg.) (1995). *Computers and Thought*. New York : McGraw Hill.

Norman, Donald A. (1986): *Cognitive engineering*. In: Norman, Donald A. and Draper, Stephen W. (Hg.). *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates S. 31-61.

Piaget, J. (1973). *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. 2. Aufl., Stuttgart: Klett.

Popper, K. R. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Basic Books.

Popper, K. R. (1979). *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*. Tübingen: Mohr.

Russell, S. & Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2nd Ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice hall.

Sesink, W. (1993). *Menschliche und künstliche Intelligenz. Der kleine Unterschied*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Zetsche, C., Wolter, J., Galbraith, C. & Schill, K. (2009). Representation of space: image-like or sensorimotor? *Spatial Vision*, 22(5). S. 409-424.