

kassel
university



press

**Mensch-Roboter Interaktion:
Eine sprachwissenschaftliche Perspektive**

Frauke Zeller

Die vorliegende Arbeit wurde vom Fachbereich Anglistik/Romanistik der Universität Kassel als Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.) angenommen.

Erster Gutachter: Prof. Dr. Josef Wallmannsberger

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Winfried Nöth

Tag der mündlichen Prüfung

9. Februar 2005

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar

Zugl.: Kassel, Univ., Diss. 2005

ISBN 3-89958-130-X

URN urn:nbn:de:0002-1303

© 2005, kassel university press GmbH, Kassel

www.upress.uni-kassel.de

Umschlaggestaltung: 5 Büro für Gestaltung, Kassel

Druck und Verarbeitung: Unidruckerei der Universität Kassel

Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	11
1	Fachlicher Rahmen der Mensch-Roboter Interaktion	19
1.1	Roboter	19
1.1.1	Roboter-Definitionen	20
1.1.2	Erweiterte Roboter-Definitionen	22
1.2	Taxonomie der Roboter	28
1.2.1	Die ersten Roboter der Neuzeit	28
1.2.2	Protektionsroboter	29
1.2.3	Robotersozietäten	30
1.2.4	Service-Roboter	33
1.2.5	Roboter-Prothesen	35
1.3	Fachliche Einordnung der Mensch-Roboter Interaktion	38
1.3.1	Disziplinäre Einflüsse	41
1.3.2	Computerlinguistik	41
1.4	Socially Intelligent Agents	43
1.5	Roboter als Simulationsobjekt des Menschen	46
1.6	Mensch-Computer/Roboter Interaktion	48
1.6.1	Mensch-Roboter Lebensformen	48
1.6.2	Computer vs. Roboter	51
1.7	Taxonomie der Mensch-Roboter Interaktion	53
1.7.1	Industrielle Robotik	56
1.7.2	Professionelle Service-Robotik	57
1.7.3	Persönliche Service-Robotik	57
1.8	Zusammenfassung und Perspektiven	58

2	Mensch-Roboter Kommunikation	61
2.1	Schnittstellen-Design	62
2.2	Schnittstellen in der Mensch-Computer Interaktion	63
2.3	Schnittstellen-Arten	67
2.3.1	Technische Schnittstellen des Roboters	70
2.3.2	Mensch-Roboter Schnittstelle	70
2.4	Sonderfall Avatare	79
2.5	Forschungsüberblick	86
2.5.1	Robovie	86
2.5.2	ISAC	87
2.5.3	Ethologisch fundierte Robotermodelle	89
2.5.4	Das Erscheinungsbild als Interaktionsmodell	90
2.5.5	Dialogbasierte Roboter	91
3	Soziale Robotik	93
3.1	Definitionen und Methodologien	93
3.1.1	„Sozialer“ Interaktionshorizont	96
3.1.2	„Soziale“ Ebene	98
3.2	Begriffliche Verortung	100
3.3	Design-Ansätze	103
3.3.1	Embodiment – Verkörperung	104
3.3.2	Das Design sozialer Roboter als Baukastensystem	107
3.3.3	Soziale Robotersozietäten	113
3.4	Zusammenfassung	116
4	Linguistische Verortung der Mensch-Roboter Interaktion	119
4.1	Semiotik	121
4.2	Semiotische Maschinen und Automaten	129
4.3	Robosemiotik	134
4.3.1	Umwelt und Verkörperung	135
4.3.2	Schnittstellendesign für die Bewusstseinszeugung	139
4.4	Semiotik und Ästhetik	143

5	Diskursanalyse und Pragmatik	149
5.1	Diskursanalyse	150
5.2	Grice' Konversationsmaximen	151
5.3	Sprechakttheorie	155
5.3.1	Multi-Agentensysteme	156
5.3.2	Computerlinguistische Interpretationen	157
5.3.3	Nutzerinnen-Modelle vs. Diskurs-Modelle	158
5.4	Konversationsavatare	162
5.5	Der Computer als Kommunikationsraum	167
5.5.1	Avatar- und Kommunikationsdesign	168
5.5.2	Computer-mediated discourse analysis	174
5.5.3	Statistische Textanalyse im weiteren Sinne	179
6	Wer spricht?	185
6.1	PC-Therapie	188
6.2	Das <i>Uncanny Language Valley</i>	195
6.2.1	Theoretische Fundierung des Experiments	195
6.2.2	Versuchsaufbau	197
6.2.3	Resultate	199
6.2.4	Zusammenfassung	201
6.3	Diskursanalyse	201
6.3.1	Turing-Test und Loebner-Preis	202
6.3.2	Diskursanalytische Methodologie	207
6.3.3	Richard Wallace (Alice), 2001	210
6.3.4	Jürgen Pirner (Jabberwock), 2003	216
6.3.5	Richard Wallace (Alice), 2004	226
7	Zusammenfassung	235
Anhang A: VRML		241
Anhang B: Alice 2001		247
Anhang C: Jabberwock 2003		249
Anhang D: Alice 2004		253

Tabellenverzeichnis

1.1	Subkategorien Roboterapplikationen	54
5.1	<i>Functional moves</i> und Makrosegmentierung nach Herring	177
6.1	Alice 2001, <i>Gender Genie</i> -Ergebnis	215
6.2	Jabberwock 2003, <i>Gender Genie</i> -Ergebnisse	223
6.3	Alice 2004, <i>Gender Genie</i> -Ergebnis	230

Abbildungsverzeichnis

3.1	Modellierung eines synthetischen Nervensystems	110
4.1	Exemplarisches Modell der Computersemiotik	127
5.1	Nutzerin- und Diskurs-Modell	159
5.2	Nutzerin-Diskurs-Roboter: NDR-Modell	161
6.1	<i>Beliefs</i> -Hierarchie nach Duffy	189
6.2	<i>Uncanny valley</i> -Effekt frei nach Mori	196
6.3	Hypothetischer <i>uncanny language valley</i> -Effekt (nach Duffy)	197
6.4	Bewertungsmodell des Loebner-Preis-Wettbewerbs	204
6.5	Diskursanalyse-Modell	209
6.6	Alice 2001, Gesamtergebnis Wortlängen	216
6.7	Alice 2001, Richterinergebnis Wortlängen	216
6.8	Alice 2001, Programmergebnis Wortlängen	217
6.9	Jabberwock 2003, Gesamtergebnis Wortlängen	224
6.10	Jabberwock 2003, Richterinergebnis Wortlänge	224
6.11	Jabberwock 2003, Programmergebnis Wortlänge	225
6.12	Alice 2004, Gesamtergebnis Wortlänge	231
6.13	Alice 2004, Richterergebnis Wortlänge	232
6.14	Alice 2004, Programmergebnis Wortlänge	232

0 Einleitung

Mensch-Roboter Interaktionen¹ bieten ein breites Interessengebiet für Linguistinnen². Dabei stellt sich das Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion gleichfalls als tangibles wie auch epistemologisches Objekt dar, das eine Erweiterung linguistischer Zeichenkonzepte und Paradigmen in sich integriert. Darüber hinaus beinhalten die Diskursuniversen der Mensch-Roboter Interaktionen eine Vielfalt an Sprachformen und Dialogen, die es auf der Basis linguistischer Methodologien zu analysieren gilt.

Die hier vorliegende Arbeit versucht einen kohärenten Ansatz zur Mensch-Roboter Interaktion zu geben. Eine Verortung der begrifflichen Dimension sowie Diskussion der maschinistischen – naturwissenschaftlich-informatisch fundierten – Parameter stellen einen wichtigen Teil dieser Arbeit dar. Während computerlinguistische Einflüsse bereits Bestandteil des Forschungsgebiets sind und sich mit der Entwicklung von Spracherkennungs- und Sprachsynthesystemen beschäftigen, besteht dennoch ein Desiderat einer grundlegenden, sprachwissenschaftlichen Integration. In Anlehnung an das von Wallmannsberger (1994) beschriebene Paradigma der „Computerphilologie“ soll die sprachwissenschaftliche Methodik dieser Arbeit eine Form von „Automatenphilologie“ entwickeln. Durch die „Versprachlichung“ („Philologie“) der Automatentheorie im weiteren Sinne³ (in Bezug auf die Robotik) ist eine Erweiterung potenzieller Diskussionsfelder und Anwendungsbereiche gegeben. Ferner wird – im Gegensatz zur Computerlinguistik – nicht mehr der Erkenntnisinteressenhorizont numerischer Fra-

¹Auf die typographische Form der Bezeichnung Mensch-Roboter Interaktion wird an anderer Stelle (Kapitel 7) genauer eingegangen.

²Das in dieser Arbeit angewandte weibliche Genus steht repräsentativ für beide Genera. Eine Ausnahme bildet der Fachterminus „Agent“, der in seinem maskulinen Genus beibehalten wird, um auf fachlicher Ebene keine Missverständnisse zu generieren.

³Eine Erläuterung des Fachgebiets Automatentheorie ist für diese Diskussion nicht von primärem Interesse und würde zudem den fachlichen wie auch pragmatischen Rahmen dieser Arbeit sprengen.

gestellungen eingehalten, sondern ebenfalls erweitert und verschoben in nicht-numerische Bereiche.

Die Applikation des computerphilologischen Paradigmas dient ferner als formales erläuterndes Vehikel für den interdisziplinären Ansatz dieser Arbeit: Eine Automatenphilologie aus rein sprachwissenschaftlicher Perspektive und Motivierung würde einer Negierung des dichotomischen Charakters der Mensch-Roboter Interaktion gleichkommen. Es würde somit lediglich Bezug genommen auf die natürlichsprachliche Dimension des Menschen und die Epistemologien einer potenziellen Interaktion natürlichsprachlicher und formalsprachlicher Aktantinnen auf eine ausschließliche Koexistenz beider reduzieren. Für eine Transponierung eines formalsprachlichen Automaten (Roboters) in sprachwissenschaftliche Methodologien stellt die Erfassung dieses Automaten in dessen formalen, naturwissenschaftlichen Diskursräumen und Forschungslaboratorien die notwendige Basis einer kohärenten Abduktion dar.

Geschichtliche Hintergründe

Die Mensch-Roboter Interaktion beschreibt ein noch neues Gebiet, welches nach seinen Anfängen, die primär durch die Entwicklung industrieller Roboter und die damit verbundenen Interessengruppen geprägt waren, inzwischen eine eindeutige Entwicklung zu einer großen Vielfalt von Roboterarten aber auch zu ebenso vielfältigen Ansprüchlichkeiten verzeichnet.

Die geschichtlichen Hintergründe beziehen sich allerdings nicht nur auf das 20. Jahrhundert. Das Ziel, eine durch Menschenhand erschaffene „Maschine“ zu bauen (mit welcher man u. a. sprechen kann), erstreckt sich wie ein roter Faden von der Antike bis zur Neuzeit und in die Gegenwart. So beispielsweise das Automatentheater Herons von Alexandrien im Dritten Jahrhundert vor Christus, welches den Tanz der Bacchantinnen darstellte, die Priesterinnen des Gottes Bacchus.

Hinsichtlich der Mythen und Sagen aus der Antike ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen dem Streben nach technischer Perfektion in der Nachahmung menschlicher Verrichtungen und dem Wunsch den Göttern das Geheimnis der Erschaffung des Menschen zu entreißen (Cohen, 1966). In Prometheus findet sich der Wunsch, durch äußere Ähnlichkeit den Göttern näher zu kommen und zwar

gezielt durch das physische Erscheinungsbild: Prometheus schuf den Menschen aus Ton nach dem Abbild der Götter. Ebenso bemühte sich Pygmalion, welcher sich aus Sehnsucht und Verzweiflung Galatea erschuf, ein Elfenbein-Standbild einer Frau, in das er sich verliebte und das von Aphrodite zum Leben erweckt wurde. Eine andere Methode ist linguistisch motiviert (direkt oder indirekt), wie die Überbringung und Aneignung der Zehn Gebote (hier wird das Wort Gottes schriftlich festgehalten) oder der Turmbau zu Babel. Ferner wurde nach dem bekannten jüdischen Schriftgelehrten Raschi (1040-1105) die Welt durch mystische Kombination des göttlichen Namens erschaffen und der erste, der dieses Wissen besaß, war Abraham (Cohen, 1966, Seite 32).

Ein bekannter Erfinder der Antike war der Athener Daedalus, dessen Name sich von dem griechischen Wort *daidala* ableitet, welches heute noch die Bezeichnung für antike Statuen ist. Doch die griechische Mythologie kennt nicht nur die Menschen als Schöpfer künstlicher Wesen, sondern hat im Gott Hephaestus, dem Sohn der Hera und des Zeus⁴ einen ebenso bekannten Automatenbauer. Hephaestus galt als der Erfinder unter den griechischen Göttern und Göttinnen, welcher sich goldene Dienerinnen erschuf und unter anderem für König Minos von Kreta den Talos erfand. Dieser übermenschlich große Wächter aus Metall bewachte den Hafen Kretas, indem er der Sage nach Steine auf feindliche Schiffe warf. Talos kann durchaus als Android bezeichnet werden, da er aus Metall war und Ichor, der Gott des Blutes, in seinen Adern floss. Die Durchdringung der Automatenidee in der Antike zeigt sich ebenso in dem Konzept des *deus ex machina* als wichtiges, dramatisches Moment in den Theaterwelten der Griechinnen.

Für eine ausgefeilte Form der Kombinatorik aus dem Mittelalter - nämlich der Begriffskombinatorik - steht die "Ars Magna" von Raimundus Lullus (Ramon Llull). Geboren um 1235 als katholischer Adliger auf Mallorca, verfasste Lullus mehr als 260 Schriften in Katalanisch, Lateinisch und Arabisch. Als Philosoph, Logiker und gleichzeitig Theologe wurde er maßgeblich durch die christliche, islamische und jüdische Kultur beeinflusst. Er entwarf einen logischen Mechanismus - die "Ars Magna" - der durch systematische Kombination der Grundbegriffe unfehlbare Lösungen aller erdenklichen wissenschaftlichen Aufgaben erbringen und so zur Wahrheit vordringen sollte. Für die "Ars Magna" konstru-

⁴Beim Vater gibt es hier jedoch unterschiedliche Quellen, Hera soll Hephaestus ohne Vater geboren haben.

ierte Lullus selbst eine logische Maschine, welche aus sieben um ein Zentrum drehbarer Scheiben bestand. Auf jeder dieser Scheiben waren Wörter notiert, die verschiedene Begriffe, z. B. Mensch, Wissen, Wahrheit, Ruhm, Wohl und Quantität sowie logische Operationen wie z. B. Unterschied, Übereinstimmung, Widerspruch und Gleichheit bezeichneten. Durch Drehen dieser konzentrischen Scheiben ergaben sich verschiedene Verknüpfungen von Begriffen, die Schlussformen des syllogistischen Prinzips entsprachen. So heißt es, dass die "Ars Magna" der erste Schritt zu einer vollständigen und automatischen Sprache des Denkens sei (Cohen, 1966, Seite 25).

In der jüdischen Tradition findet sich die Figur des Golems, welche für sich – neben einer Vielzahl an Sagen – eine ebenso interessante Bedeutungsgeschichte beansprucht. Das in Psalm 139 vorkommende Wort weist eine nicht völlig geklärte Bedeutung auf, wird jedoch im Aramäischen als ‚formlose Masse‘ bezeichnet und meist als Embryo gedeutet. Später erst entwickelte sich das Konzept eines nicht natürlich erzeugten Menschen, eines Homunculus. Die eigentliche Golem-Sage knüpft an die Gestalt des Hohen Rabbi Löw aus dem 16. Jahrhundert an, welcher als der geheimnisvolle Schöpfer eines künstlichen Menschen aus Lehm galt und mit dem Golem die Juden in Prag vor dem Pogrom rettete. Sprache spielt in dieser Version eine wichtige Rolle, da der Golem ausschließlich durch Wörter, welche von Rabbi Löw auf dessen Stirn geschrieben wurden, zum Leben erweckt wurde. Einige Übertragungen besagen, dass es sich dabei um den Namen Gottes handelte, andere Versionen sprechen von *emeth* (Wahrheit) oder durch das Wegstreichen des ersten Buchstabens *meth*, was Tod bedeutet. Wichtig ist hier die Metapher der Symbole, welche als das eigentliche Werkzeug zur Erschaffung künstlicher Wesen bzw. des Belebens von Homunculi gesehen wird.

Im 18. Jahrhundert versetzte Baron Wolfgang von Kempelen die Kaiserin Maria Theresia und später weite Teile des politischen und intellektuellen Europas mit seinem Schach-Automaten in Erstaunen. Der anthropomorphe Part dieses Automaten stellte einen Türken dar, wodurch sich der Terminus des „Schach spielenden Türken“ für diesen Automaten durchsetzte⁵. Der Schach-Automat ist nicht nur von Interesse, weil er die vielfältigen Bemühungen auf dem Gebiet der

⁵Die Wahl eines Türken kann sicherlich als geschickter (bildlich gesehener) Schachzug von Kempelens gesehen werden, da durch die kulturelle Konnotation der vorherrschenden, mächtigen Türken, die machtvolle Position des Automaten unterstrichen wurde.

Automaten- und Androidenteknik seiner Zeitgenossinnen (zum Beispiel Jaquet-Droz) bei weitem übertraf, sondern weil zum ersten Mal ein anthropomorpher Automat geschaffen wurde, welcher sich vom verspielten Charakteristikum einer Puppe absetzte und durch die Beherrschung eines der schwersten Spiele von der Ratio Besitz ergriffen hatte. Dass es sich bei dem Schach-Automaten um eine Fälschung handelte, da im Inneren tatsächlich nicht nur Mechanik vorhanden war, sondern ein Mensch saß, welcher durch ein ausgeklügeltes, mechanisches System die Schachzüge auf der Außenseite des Automaten verfolgen und steuern konnte, kam erst verhältnismäßig spät zu Tage, sicherlich auch aufgrund des damals vorherrschenden Wunsches nach menschlicher Schöpferkraft und Potenz von Androiden und denkenden Maschinen. Damit kann von Kempelens Automat als Vorreiter des Turing-Tests gesehen werden, welcher – hätte es im 18. Jahrhundert bereits den Loebner-Preis gegeben (Kapitel 6) – diesen sicherlich gewonnen hätte. Abstrahiert gesehen, setzt der Schach-Automat das Konzept des Searl'schen *chinese room* um: Das Innere des Automaten stellt den *chinese room* dar, in welchen Zettel mit Sprachfetzen geschoben werden, um am anderen Ende übersetzt wieder herauszugelangen.

Aufbau der Arbeit

Die automatenphilologische Motivierung dieser Arbeit spiegelt sich in ihrer bipolaren Hauptstruktur wider. Dabei fungiert die sprachwissenschaftliche Perspektive als verbindendes Moment dieser Pole. Im ersten, maschinistischen Teil findet sich das sprachwissenschaftliche Moment in Form der spezifischen Betrachtungsweise und methodologischen Abhandlung der ingenieurwissenschaftlichen und computerwissenschaftlichen Ausführungen zur Mensch-Roboter Interaktion. Im zweiten, sprachwissenschaftlichen Teil dieser Arbeit stellt das linguistische Moment gleichermaßen Organon und epistemologische Motivierung dar. Resümierend stellt sich damit die Mensch-Roboter Interaktion im Sinne von linguistischer Auseinandersetzung und Aktion als primäres Erkenntnisinteresse dieser Arbeit dar.

Anknüpfend an den in der Einleitung gegebenen Überblick über die unterschiedlichen Mythen und praktischen Interpretationen von Automaten und Ro-

botern wird im ersten Kapitel die Polysemie des Roboter-Begriffs veranschaulicht. Darunter fallen die lexikalische Genese und eine Einführung und methodologische Verortung des Roboter-Begriffs. Ferner werden die mittlerweile zahlreichen Roboterarten in einer vereinheitlichenden Taxonomie von Roboter kategorien zusammen gefasst, um auf dieser Basis erste Handlungskompetenzen und Interaktionserwartungen paradigmatisch festzustellen und so zu einer ausführlicheren Einführung in das Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion überzuleiten. Hierzu zählen ein geschichtlicher Entstehungsüberblick sowie eine Diskussion der unterschiedlichen wissenschaftlichen Einflüsse wie beispielsweise Mensch-Computer Interaktion. Dieses bietet eine Spannbreite an potenziellen und erkenntnistheoretischen Ausgangspunkten für die Mensch-Roboter Interaktion und wird daher ausführlich diskutiert. Ein weiterer Schwerpunkt des Kapitels befasst sich mit den unterschiedlichen Mensch-Roboter Lebensformen im Kontrast zur Mensch-Maschine Interaktion. In Anlehnung an bestehende Klassifizierungen der Mensch-Computer Interaktion zielt das Kapitel auf eine Taxonomie der Mensch-Roboter Interaktion ab, wobei der Begriff des Roboters auf „intelligente Systeme“ – dies in Anbetracht des sprachwissenschaftlichen Moments – erweitert wird.

Im zweiten Kapitel werden die Mensch-Roboter Lebensformen in Bezug auf die unterschiedlichen kommunikativen Schnittstellen diskutiert. Hier werden auf einer Metaebene die unterschiedlichen, pragmatisch orientierten Kommunikationsfähigkeiten und -voraussetzungen der in Kapitel 1 unterteilten Roboterarten vorgestellt. Die Metaebene definiert sich durch ihre paralinguistische Ausrichtung, welche die primärlinguistischen Kommunikationsarten wie Schriftlichkeit und Mündlichkeit grob umreißt, um einen ersten Schritt in Richtung einer Methodologie der Mensch-Roboter Kommunikation zu unternehmen. Daher bezieht sich diese Diskussion primär auf Hardware sowie direkte Umgebungsvariablen, welche die Kommunikationshorizonte formen und bis zu einem gewissen Grad methodologisch eingrenzen. Die sprachwissenschaftliche Perspektive wird in diesem Kapitel deutlich durch die konsequente Bezugnahme der maschinistischen Ansätze auf die Linguistik herausgestellt. Hierbei handelt es sich um einen unorthodoxen Ansatz für Ingenieurinnen und Informatikerinnen, da fach-

spezifische Bereiche wie das Schnittstellendesign bezüglich ihrer linguistischen Implikationen diskutiert werden und nicht auf einer technischen Ebene.

Im Anschluss daran stellt das dritte Kapitel zwei unterschiedliche Forschungsschwerpunkte innerhalb der Mensch-Roboter Interaktion dar. Einen davon bildet das Gebiet der so genannten *social robotics*, das unter anderem von Breazeal (Breazeal, 2002, 2003), Duffy (Duffy, 2003, 2004) oder Dautenhahn (Dautenhahn, Fong, & Nourbakhsh, 2002; Dautenhahn, 2002b) behandelt wird. Hier steht der Mensch bzw. die Nutzerin im Vordergrund, sozialer Interaktionsbedarf und Umgebung werden an den Menschen angelehnt. Der zweite Schwerpunkt beinhaltet den Ansatz des Forschungsprojekts "Talking Heads" von Luc Steels. Hier steht der Roboter als autonomes System im Vordergrund. So findet primär der Roboter selbst zu einer eigenen Kommunikationsform (mit anderen Robotern oder Agenten), inspiriert durch Ansätze aus der Ethologie, Biologie und Evolutionslehre.

Das vierte Kapitel steht am Anfang des zweiten, sprachwissenschaftlich orientierten Pols dieser Arbeit. Eingangs wird hier die Frage nach dem spezifischen Erkenntnisinteresse einer Integration der Linguistik in die Mensch-Roboter Interaktion nochmals aufgegriffen und diskutiert. Für die linguistische Verortung der Mensch-Roboter Interaktion werden drei Fachgebiete der Linguistik als mögliche Analyse- und Diskussionsräume festgelegt: Semiotik, Pragmatik und Diskurstheorie. Die anschließende Betrachtung des semiotischen Ansatzes fokussiert auf die Unterbereiche der Computersemiotik und das darin enthaltene Konzept des algorithmischen Zeichens als Annäherung an den maschinistischen (formalen) Pol, der Robosemiotik und der darin enthaltenen Umwelt- und Verkörperungskonzepte sowie auf den Bereich der Textästhetik. Dieser untersucht die Mensch-Roboter Interaktion (oder den Roboter per se) in ihrer/seiner textuellen Umgebung sowie Verkörperung.

Der diskursanalytische und der pragmatische Ansatz werden in Kapitel fünf auf der Basis Grice'scher Konversationsmaximen und sprechakttheoretischer Methodologien diskutiert. Beide Modelle werden bereits in der Mensch-Computer Interaktion und vereinzelt auch in der Mensch-Roboter Interaktion als konzeptionelle Rahmumgebungen von einer maschinistischen Perspektive aus

angewandt. Diese Parallele wird aufgegriffen, um in Kombination mit Werkzeugen formaler Linguistik (z.B. Korpusanalyse) ein neues anwendungsorientiertes und sprachwissenschaftlich fundiertes Modell für eine pragmatische Herangehensweise an die Mensch-Roboter Interaktion aufzustellen.

In Kapitel sechs wird schließlich das erarbeitete Modell in einen praktischen Kontext eingebettet und angewandt. Damit entsteht – neben den maschinistischen Ansätzen – eine Erweiterung der methodologischen Anwendungshorizonte in der Mensch-Roboter Interaktion, die als automatenphilologisches Vehikel ebenso von Linguistinnen wie auch Ingenieurinnen und Informatikerinnen aufgenommen werden kann. Das Integrationspotenzial dieses Ansatzes kann durch ein bereits bestehendes Forschungsprojekt (auf dieses wird ebenfalls in Kapitel 6 detailliert eingegangen) belegt werden und durch den für diese Arbeit definierten Ansatz der Automatenphilologie: Die Integration wird in diesem Fall durch den fachlichen Einfluss der maschinistischen Diskussion und Analyse im ersten Teil dieser Arbeit ermöglicht, wodurch der maschinistische Teil keine ausschließlich deskriptive oder komparative Rolle einnimmt sondern ebenso ein determinierendes und die Linguistik dynamisierendes Moment des sprachwissenschaftlichen Ansatzes darstellt.

1 Fachlicher Rahmen der Mensch-Roboter Interaktion

Das folgende Kapitel stellt den Versuch dar, eine Einführung in das bisher noch nicht vollkommen definierte Forschungsgebiet der Mensch-Roboter Interaktion zu geben. Dabei diskutiert der erste Teil dieses Kapitels das Forschungsobjekt (Roboter) von seiner begrifflichen Weite und Polysemie bis hin zu einer Eingliederung der Vielzahl der unterschiedlichen Roboterarten. Der zweite Teil dieses Kapitels diskutiert die fachlichen Dimensionen und unterschiedlichen Methodologien sowie Paradigmen der Mensch-Roboter Interaktion. Aus Sicht der Autorin stellt dieses Kapitel einen potenziellen Ansatz für eine exhaustive Beschreibung des noch neuen Fachgebiets (in seiner heutigen Form) dar, wobei der Rahmen dieser Arbeit für ein derartiges Unterfangen nicht ausreichend ist und zudem diese Arbeit eine linguistische Schwerpunktbildung anstrebt.

1.1 Roboter

Bereits in der Einleitung wurde herausgestellt, dass der Begriff des Roboters eine weite Spannbreite an verschiedenen Arten von Automaten beinhaltet. Dies untermauert den diffusen Bedeutungshorizont sowie die Polysemie des Begriffs Roboter an sich: Tatsächlich verfügen Wissenschaftlerinnen aus den unterschiedlichsten Fachgebieten sowie Nichtwissenschaftlerinnen über ihre eigenen, teilweise sehr genauen Vorstellungen darüber, was ein Roboter ist, wie dieser aussieht und über welche Kompetenzen er verfügt.

Für eine sprachwissenschaftlich motivierte Diskussion der Mensch-Roboter Interaktion ist es daher notwendig, das Gebiet (Mensch-Roboter Interaktion) formal-strukturiert zu verorten. Dies beinhaltet eine Begriffsdiskussion parallel zu einer Taxonomierung der unterschiedlichen Roboterarten. Im Anschluss dar-

an erst kann das eigentliche Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion erörtert und diskutiert werden.

1.1.1 Roboter-Definitionen

Der Begriff ‚Roboter‘ wurde im Jahr 1920 durch das Schauspiel “R.U.R.” (*Rossum’s Universal Robots*) von dem tschechischen Schriftsteller Karel Capek bekannt. Er übernahm den Begriff von seinem Bruder, dem Maler und Schriftsteller Josef Capek. In R.U.R. bezeichnet Karel Capek mit dem Begriff Roboter eine Gattung von Maschinenmenschen, die ein Erfinder mit seinem Sohn aus verschiedenen biologischen Teilen anfertigt, um den Menschen in jeglicher erdenklichen Arbeit zu ersetzen. Der Begriff ist abgeleitet vom tschechischen Wort *rabota* was so viel wie Fronarbeit bedeutet, während im Russischen *rabota* für Arbeit im generellen Sinne steht. Die Roboter im Schauspiel R.U.R. werden als Diener der Menschen definiert. Sie kommen zwar für jegliche Art von Arbeit in Frage, werden aber gleichzeitig als zu geringwertig angesehen, als dass man ihnen Respekt oder Anerkennung zollen würde. Das Drama findet schließlich seinen Höhepunkt in der Rebellion der Roboter und der Vernichtung alles menschlichen Lebens.

Die fiktive Herkunft des Wortes Roboter ist ein Sonderfall innerhalb der begrifflichen Entstehungsgeschichte technologischer Erfindungen. Oftmals handelt es sich bei Namen von technologischen Erfindungen um Eponyme – so der Otto-Motor oder das Röntgengerät – oder sie leiten sich aus einzelnen, deskribierenden Morphemen ab, wie beispielsweise Telefon oder Fernseher.

Im Duden wird Roboter definiert als eine der menschlichen Gestalt nachgebildete Apparatur, die bestimmte Funktionen eines Menschen ausführen kann oder als Maschinenmensch per se. Für eine Begriffsbestimmung aus dem technischen Bereich erklärt der Duden den Roboter als einen mit Greifarmen ausgerüsteten Automat, der ferngesteuert oder nach Sensorsignalen bzw. einprogrammierten Befehlsfolgen an Stelle eines Menschen bestimmte mechanische Tätigkeiten verrichtet. Darüber hinaus existiert das Nomen ‚Robot, die‘, welche als Fronarbeit determiniert wird sowie das Verb ‚roboten‘, das als umgangssprachlich für ‚arbeiten‘, ‚sich plagen‘ oder auch (veraltet) ‚Fronarbeit leisten‘ steht.

Die von der Fiktion gestützte Etymologie, welche sich teilweise noch im Duden wiederfindet (die Bedeutung Maschinenmensch), gibt sicherlich den notwendigen Raum für die Vielzahl an Vorstellungen und Phantasien bezüglich Aussehen und vor allem Kompetenzen von Robotern. Das eigentliche Wissenschaftsfeld der Robotik beschränkt sich allerdings nicht auf weniger Definitionen, obwohl sich diese in der Regel auf nur eine Art von Robotern beziehen – den Industrieroboter.

Nach der Britischen Roboter Gemeinschaft (*British Association for Robotics and Automation, BARA*) werden Roboter wie folgt definiert:

An industrial robot is a re-programmable device designed to both manipulate and transport parts, tools, or specialised manufacturing implements through variable programmed motions for the performance of specific manufacturing tasks. (BARA, 2002)

Die *Robotics Industry Association* (RIA) unterscheidet lediglich auf lexikalischer Ebene; grundlegende inhaltliche Differenzen sind nicht auszumachen. "A robot is a re-programmable, multi-functional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks" (zitiert in Arkin, 1998, Seite 1).

Die japanische Begriffsbestimmung fasst den Aktionsradius weiter und beinhaltet annähernd jede physikalische Vorrichtung, die mit einer Form von Programm arbeitet (Lee, 1990). Demnach wären auch einfache Bankautomaten oder mittlerweile sogar Armbanduhrer als Roboter zu bezeichnen.

Eine weitere Interpretations- und Definitionsform von Robotern ist bei Todd (1986) zu finden. Dieser legt die Fähigkeiten, beziehungsweise die notwendigen Elemente eines Roboters fest:

- Die Möglichkeit, sich selbst und/oder physikalische Objekte zu bewegen;
- Arm, Handgelenk und Effektor, falls Objekte bewegt werden;
- Räder, Beine o. ä., falls der Roboter mobil ist;
- Antrieb und Steuerung für die genannten Bewegungen;
- Rechner zur Entscheidungsfindung und Speicherung von Befehlen;
- verschiedene Sensoren (zitiert in Siegert & Bocionek, 1996, Seite 2).

Auffallend ist, dass die unterschiedlichen Roboter-Definitionen, insbesondere die viel zitierte vom *Robot Institute of America* (RIA), bereits in den 1970er und 1980er Jahren aufgestellt wurden. Beachtet man allerdings die rasante technologische Entwicklung auf dem Gebiet der Chip-Herstellung und der Hard- sowie Softwareentwicklung insgesamt, so erscheinen diese Definitionen potenziell veraltet. Zwar ist gerade die Begriffsbestimmung der RIA so generell gefasst, dass man zumindest heute noch einen Roboter darin erkennen kann, doch finden sich nicht sämtliche Aufgabenbereiche in ihr, in denen ein Roboter heute zum Einsatz kommt. Ein Beispiel ist das Gebiet der so genannten intelligenten Roboter, welche sich grundlegend von Industrierobotern unterscheiden, die in den herkömmlichen Definitionen beschrieben werden.

Eine rezentere Diskussion um die Begrifflichkeit des Roboters findet sich bei Johannsen (1993). Dieser geht in seinem einführenden Werk „Mensch-Maschine-Systeme“ neben anderen Systemen auch auf Roboter ein, wobei er sich ebenfalls auf Industrieroboter bezieht. Nach Johannsen bestehen Industrieroboter

aus einem feststehenden oder fahrbaren Untergestell, einem beweglichen Roboterarm (bestehend aus einem Ober- und einem Unterarm) oder auch nur translatorisch bzw. rotatorisch beweglichen Armteilen sowie aus einem Werkzeug am Armende. [...] In den Gelenken des Roboters sitzen Antriebsmotoren, die von einem Prozeßrechner angesteuert werden. (Johannsen, 1993, Seite 97)

1.1.2 Erweiterte Roboter-Definitionen

Neben den Definitionen für Industrieroboter ist es für die hier vorliegende Arbeit von Interesse, weitere Definitionen auch anderer Roboterarten zu diskutieren. Die *Japan Robot Association* (JARA) hat 1994 mit ihrer Namensänderung von ursprünglich *Japan Industrial Robot Association* explizit Raum für weitere Roboterarten gelassen. In dem offiziellen *mission statement* der renommierten JARA zeichnet sich eine Meta-Definition von Robotern ab, in der Roboter ein Synonym für wirtschaftlichen Erfolg und sozialen Wohlstand sind.

The present name was adopted in June 1994 in order to accommodate non-industrial robots such as 'personal robots'. The Association aims to further the development of the robot manufacturing industry by encouraging research and development on robots and associated

system products and promoting the use of robot technology. Through this, the Association strives to promote the use of advanced technology in industry and to enhance the welfare of the nation, in turn contributing to healthy economic growth and boosting living standards. (JARA, 2004)

Da sich diese Arbeit in weiten Teilen auf so genannte *social robots* (siehe Kapitel 3) und Unterhaltungs-Roboter im Sinne von Spielzeug-Robotern und Freizeit-Robotern bezieht, sollte auch eine Definition von intelligenten Robotern vorgestellt werden: “[...] an intelligent robot is a mechanical creature which can function autonomously. ‘Intelligent’ implies that the robot does not do things in a mindless, repetitive way; it is the opposite of the connotation from factory automation” (Murphy, 2000, Seite 3).

Diese generelle Definition von intelligenten Robotern wird meist durch die einzelnen Fähigkeiten – oder besser Erwartungen – wie Lern-, Assimilierungs- und Interaktionsfähigkeit genauer beschrieben. Der letzte Punkt impliziert häufig die Erwartungshaltung, dass sich ein intelligenter Roboter in natürlicher Sprache für den Menschen verständlich machen kann und korrelativ auch der Mensch mit natürlicher Sprache für den Roboter verständlich ist.

Die Erwartungshaltungen implizieren gleichzeitig, dass sich ein intelligenter Roboter nahtlos in unser Privat- und Arbeitsleben integrieren kann. Hier kommt insbesondere der Bereich der *sociable robots* (zur genauen Definition und Übersetzung dieses Begriffs siehe Kapitel 3) zum Tragen, welcher von Breazeal mit folgenden Merkmalen belegt wird: “In short, a sociable robot is socially intelligent in a human-like way, and interacting with it is like interacting with another person. At the pinnacle of achievement, they could befriend us, as we could them” (Breazeal, 2002, Seite 1).

Für Breazeal muss ein *sociable robot* qualifiziert sein, mit Menschen zu kommunizieren und zu interagieren. Dies – und hier liegt der Schwerpunkt bezüglich des Attributs *sociable* – in einer persönlichen Art und Weise. Für die sprachwissenschaftliche Perspektive bedeutet dies, dass der Roboter nicht in zu vordergründiger Weise bestimmte Dialog-Routinen oder Muster abarbeiten sollte. Tatsächlich müsste ein bestimmter Aspekt der Flexibilität und vor allem Anpassungsfähigkeit an die kommunikativen Bedürfnisse jeder einzelnen Interaktionspartnerin erkennbar sein.

Eine weitere Voraussetzung für einen *sociable robot* nach Breazeals Definition wäre aus der Sicht der Linguistik die Selbstreferentialität: Der Roboter müsste fähig sein, sich selbst sozial-kommunikativ wahrzunehmen und so ein bestimmtes Selbstverständnis aufzubauen¹. Der Vorgang der Selbstreferentialität setzt einen Abgrenzungsprozess zwischen System (Roboter) und Umwelt voraus. Ohne diesen könnte ein System nicht sich selbst in seiner Umwelt wahrnehmen, sondern wäre mit ihr verwoben. Diese Abgrenzung kennzeichnet einen bestimmten Grad an Autonomie oder wird zumindest von Forscherinnen angestrebt. Nur ein autonomes System kann

- (a) über Selbstreferentialität verfügen;
- (b) bewusst Lernen und das hinzu gewonnene Wissen einordnen, um es später in relevanten Situationen abrufen zu können;
- (c) andere Systeme in der gemeinsamen Umwelt wahrnehmen und gegebenenfalls imitieren (Assimilation);
- (d) eine eigene Persönlichkeit aufbauen und vertreten;
- (e) auf der Basis der Punkte (a)–(d) einen Dialog mit unterschiedlichen Kommunikationspartnerinnen aufbauen und führen.

Punkt (e) der Aufzählung bedarf einer Reihe von weiteren Erläuterungen, worauf unter anderem in Kapitel 2 eingegangen wird.

Hervorzuheben ist, dass die Punkte (a)–(d) nicht per se zu einer kommunikativen Kompetenz führen, insbesondere hinsichtlich der Anwendung natürlicher Sprache. Dennoch ist die Fähigkeit der Selbstreferentialität eine der Voraussetzungen für natürliche Sprachkompetenz. Wichtig ist dies unter anderem in den Bereichen der korrekten Anwendung von Personalpronomina, Deixis und der zeitlichen sowie räumlichen Wahrnehmung und Referentialität in der Sprache. Hierzu zählt vor allem auch Punkt (c), also die Kompetenz der eigenen Abgrenzung nicht nur zur Umwelt sondern auch zu anderen Systemen, welche sich in der gleichen Umgebung befinden.

¹Es ist zu betonen, dass jegliche Überlegungen zu einer künstlich erzeugten Selbstreferentialität an dieser Stelle rein hypothetisch stehen und sich primär aus den naturwissenschaftlich und informatisch geprägten Diskussionsrahmen zu Thema *sociable robot* ableiten.

Punkt (b) kann ebenfalls als komplementäre Voraussetzung zur natürlichen Sprachkompetenz gesehen werden: Kommunikationspartnerinnen setzen inhärent die Aneignung von Vokabular während eines Dialogs voraus. So werden beispielsweise neue Vokabeln im Dialog erläutert und mit dem Signalisieren des Verstehens auch als gespeichert und für den weiteren Dialogverlauf als abrufbar angesehen. Diese kognitiven Prozesse von Sprachverständnis und weiterer Sprachverarbeitung gelten als eindeutiges Axiom für eine Unterhaltung in natürlicher Sprache.

Schließlich kann der Aufbau und die Vertretung einer eigenen Persönlichkeit (Punkt (d)) als eines der vordringlichsten Merkmale für einen *sociable robot* interpretiert werden. Ein wichtiger Bestandteil persönlicher oder privater Unterhaltungen ist die Vorbringung einer eigenen Meinung und die daraus folgende Einnahme eines persönlichen Standpunktes. Hierin liegt jedoch die Schwäche der so genannten PC-Therapie-Programme², wie beispielsweise des Vorreiter-Programmes ELIZA von Weizenbaum. Bereits nach kurzer Zeit kann man feststellen, dass ELIZA keinen eigenen Dialog-Charakter besitzt, sondern vornehmlich innerhalb der Hauptroutine interagiert, welche sie die Aussagen Ihrer Dialogpartnerinnen anhand von Interrogativsätzen replizieren lässt.

Roboter, welche Autonomie und Intelligenz besitzen, fallen somit auch unter den Oberbegriff „intelligente autonome Agenten“. Insbesondere Kognitionswissenschaften und die KI-Forschung (Künstliche-Intelligenz-Forschung) sind hier zwei der wichtigsten Beitragsbereiche. Bei der Bezeichnung intelligente autonome Agenten verschwimmt die Grenze zwischen den real-physischen Robotern und solchen, die lediglich in virtuellen Räumen (also in Softwareprogrammen) existieren. Steels und Brooks (1995) definieren diese hybriden Objekte unter anderem auf ethologischer Basis nach David McFarland:

Autonomous agents are *self controlling* as opposed to being under the control of an outside agent. To be self-controlling, the agent must have relevant self-knowledge and motivation, since they are the prerequisites of a controller. In other words, an autonomous agent must *know* what to do to exercise control, and must *want* to exercise control in one way and not in another. (Seite 85)

²Für eine weitere Diskussion dieser Programmart siehe Kapitel 6.

Mit den Definitionen von McFarland und Breazeal schließt sich der Kreis vom fiktiven und spielerischen Ursprung von Robotern (Automaten) zu wissenschaftlich basierten, reproduzierbaren Robotern, welche sich aktiv in unsere Umwelt integrieren können. Die Erwartungshaltungen von u. a. McFarland und Breazeal (2000; 2003) zeigen deutliche Parallelen zu den Attributen der fiktiven, mythologisch geprägten Roboter aus der Golem-Mythologie oder der Frankenstein-Fiktion.

An dieser Stelle ist kritisch zu hinterfragen, ob diese Annäherung an die ursprünglichen Vorstellungen, welche häufig mit Ängsten verbunden waren, wünschenswert ist. Schließlich haben Mythologien oder auch viele Romane (gerade auch Mary Shelleys Frankenstein) einen stark pädagogischen Charakter und wirken zudem als mahnende oder warnende Stimmen.

Die Negierung dieses mahnenden Alter Egos lässt sich unter anderem wissenschaftsgeschichtlich erklären: Zum Einen findet sich hier die Kluft zwischen Wissenschaft und Fiktion oder Mythos. Wissenschaft ist in den westlichen Kulturkreisen durch das naturwissenschaftliche Paradigma der Aufklärung geprägt. Die Abwendung von den romantischen Vorstellungen und Inspirationen hin zu aufklärerisch nüchternen Feststellungen und Ableitungen zieht sich durch alle Bereiche der heutigen Wissenschaft. Zum Anderen steht bei der Entwicklung von Robotern immer der Mensch im Vordergrund (mal mehr, mal weniger deutlich). Mit der Abwendung von der reinen Optimierungsmaxime der Systeme hin zum nutzerinnenzentrierten Design, welches sich auch durch die Namensgebung der Bereiche Mensch-Maschine Systeme, Mensch-Roboter Interaktion, Mensch-Computer Interaktion, etc. widerspiegelt, versteht sich der Mensch als leitendes und steuerndes Moment in der Symbiose von Mensch und Maschine.

Die dominierende Position des Menschen bezüglich der Industrieroboter ist offensichtlich, da diese in nur geringem Umfang selbstständig agieren und hauptsächlich darauf ausgerichtet sind, mechanische Handlungen routiniert und repetitiv durchzuführen. Bei den intelligenten autonomen Robotern ist ein deutliches Machtgefälle hin zum Menschen in der Erwartungshaltung der Assimilierungs- und Imitationskompetenz zu finden. Das heißt, der Roboter muss sich den Bedarfen und Bedürfnissen des Menschen anpassen, wobei die Autonomie im engeren Sinne sichtlich eingeschränkt bzw. fremdbestimmt ist. Vor diesem Hintergrund ließe sich die Frage „Gibt es eine Sprache hinter dem Sprechen?“ (Krämer & Kö-

nig, 2002) eindeutig mit ‚Ja‘ beantworten: Hinter dem sprechenden Roboter steht immer ein Mensch, welcher diesen mit seiner Sprache direkt oder indirekt (z. B. als Programmiererin) steuert.

Dennoch ist ein wenn auch indirektes Eingehen auf die mahnende Stimme des Alter Egos an einzelnen Punkten festzustellen. Weizenbaum selbst hat sich nach dem überraschenden Erfolg seines Programmes ELIZA von dessen Weiterentwicklung abgewandt (ähnlich wie Frankenstein von seiner namenlosen Kreatur). Sherry Turkle (1996) beschreibt die einnehmende Attrahierung von MUDs (*Multi User Domains*), in welchen Menschen ihre eigene Persönlichkeit in der realen Welt aufgeben, um sich eine gänzlich Neue in der virtuellen, fiktiven Welt zu geben. Darüber hinaus treten Diskussionen um den negativen Einfluss von violenten Computerspielen wiederholt immer dann auf, wenn Probleme und Fragestellungen, welche das soziale Leben angehen, sich nicht mehr einfach und bequem beantworten lassen.

Des Weiteren bestand lange das Dogma, Roboter nicht zu menschlich erscheinen lassen zu dürfen. Dies basierte auf ethisch-moralischen Überlegungen, fand aber auch eine Bestätigung in Moris' so genanntem *uncanny valley effect* (Reichardt, 1978; Bryant, 2003). Dieser besagt, dass sich mit steigender Anthropomorphisierung von Robotern auch ein linear steigender Effekt von Unheimlichkeit also Unbehagen beim Menschen einstellt³. Nicht zuletzt deshalb wurde und wird auch am *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), einer der Wiegen der humanoiden Roboter, neben einer Vielzahl an Wissenschaftlerinnen aus Informatik und Ingenieurwissenschaften ebenso mit der Beratung von Ethologinnen und Theologinnen gearbeitet.

Mittlerweile sind jedoch jegliche Grenzen um das Terrain der anthropomorphen Roboter geöffnet und ein großer Forschungszweig befasst sich weltweit mit der künstlichen Replikation der menschlichen Haut und Physiognomie (u. a. an der Universität Tokyo) als einer berührungssensitiven, flexiblen und naturgetreuen Oberfläche sowie einer möglichst humanoiden Motorik (u. a. Hondas ASIMO Entwicklungen (Breuer & Buchacher, 2004) oder Hansons K-bot (Ferber, 2003)).

³Auf den *uncanny valley effect* wird in Kapitel 6 näher eingegangen.

1.2 Taxonomie der Roboter

Nach einer Collage unterschiedlicher Roboter-Definitionen soll eine Taxonomie der einzelnen Roboterarten erstellt werden. In Anlehnung an bestehende Taxonomierungen versucht die Autorin hier eine für die vorliegende Arbeit nützliche neue Einteilung und begriffliche Verortung aufzustellen, die eine breite Diskussion der Mensch-Roboter Interaktion aus einer sprachwissenschaftlichen Perspektive unterstützt.

1.2.1 Die ersten Roboter der Neuzeit

Als Geburtsjahr für den praktischen Einsatz von Robotern, d. h. die Erfindung des Industrieroboters, gilt das Jahr 1956. George C. Devol beantragte in diesem Jahr ein US-Patent für die programmierte Übergabe von Artikeln, welches ihm im Jahre 1961 erteilt wurde. Ein Prototyp wurde 1958 von der *Devol Consolidated Control Corporation* gebaut. Die ersten serienmäßigen Industrieroboter stellte Anfang der 1960er Jahre die Firma *Unimation* her. Die anfänglich nur zögerliche Reaktion der Industrie in den USA sowie anderen Industrieländern änderte sich erst, als Japan 1968 massiv begann am Robotergeschäft zu partizipieren. Seitdem gehen Entwicklung und Einsatz von Industrierobotern in raschem Tempo voran.

Die ersten Roboter der Neuzeit waren jedoch die künstlichen Schildkröten *Elsie* und *Elmer*, ein Akronym für *ELectro MEchanical Robots, Light Sensitive* – auch unter dem Namen *machina speculatrix* bekannt – die Anfang der 1950er Jahre von ihrem Erfinder W. Grey Walter in “*An Imitation of Life*” (1950) und in “*The Living Brain*” (1963) beschrieben wurden. Der britische Biologe und Neuropsychologe arbeitete an einer Theorie zu simplen Reflexhandlungen, welche mittels neuronaler Verbindungen zu komplexen Verhaltensstrukturen mutieren konnten.

Walter entwickelte die künstlichen Tiere aus elektronischen Bauteilen und Schaltelementen sowie Rädern für die notwendige Mobilität. Elektrische Energie als Antrieb nutzend waren *Elsie* und *Elmer* so gebaut, dass sie ihre Batterien selbst aufladen konnten. Als imitierte Sinnesorgane besaßen sie Fotozellen und waren so geschaltet, dass sie sich dem Licht zu nähern versuchten, solange es nicht zu stark war. Was die Fachwelt damals unter anderem erstaunte war die

Tatsache, dass schon diese einfache Ausstattung genügt, um nicht vorhersagbare Verhaltensweisen zu verursachen, die lebendigem Verhalten gleichen. Heute zählt man die *machina speculatrix* von Walter zu den Meilensteinen der Kybernetik⁴.

In Anlehnung an Elsie und Elmer steht Valentino Braitenberg, welcher in seinem Buch "Vehicles. Experiments in Synthetic Psychology" (1986) Gedankenexperimente mit simplen mechanischen Wesen – Vehikeln – beschreibt. Braitenberg betrachtet diese Vehikel rekursierend auf lebendige Wesen und eröffnet mit dieser neuen Perspektive eine Vielschichtigkeit an unterschiedlichen Erkenntnissen und Ansätzen.

Es wird von Maschinen sehr einfacher Bauart die Rede sein, so einfach, dass sie vom Standpunkt der mechanischen oder elektronischen Technik kaum als sehr aufregend empfunden werden können. Das Interessante an den Spielautos oder „Vehikeln“ entsteht erst, wenn wir sie mit denselben Augen betrachten, mit denen wir einen Stall lebendiger Tiere betrachten würden: wenn wir sie sozusagen als Wesen begreifen.

Wir werden dann in Versuchung geraten, ihr Verhalten mit psychologischen Ausdrücken zu beschreiben. Und doch wissen wir von vornherein, dass nichts in diesen künstlichen Wesen steckt, was wir nicht selbst in sie eingebaut haben. Dies wird ein lehrreiches Spiel sein. (Braitenberg, 1986, Seite 2)

1.2.2 Protektionsroboter

Von den Anfängen reiner Nutz-Roboter (Nutz-Roboter werden hier als Arbeitsbegriff von dem Blend ‚Nutztiere‘ abgeleitet) über kybernetische und kognitiv motivierte Roboter beschäftigt sich dieser Abschnitt mit pragmatisch ausgerichteten Robotern, die im weiteren Sinne als für den Menschen protektionistisch zu bezeichnen sind. Protektionsroboter oder auch Gefahren-Roboter werden in für den Menschen gefährlichen Situationen oder in Umgebungen eingesetzt, in denen die Voraussetzungen für menschliches Überleben nicht gewährleistet sind.

Hierzu zählen Robotereinsätze in kritischen und gefährlichen Situationen wie beispielsweise zur Entschärfung von Bomben oder anderen explosiven Spreng-

⁴Der Begriff Kybernetik wurde von Norbert Wiener am MIT geprägt. Die Kybernetik beschäftigt sich mit dem Zusammenspiel von Steuerungstechnik oder -theorie und Kommunikation.

körpern. Dazu wird der Roboter meist ferngesteuert, damit der Mensch im sicheren Abstand bleiben kann. Ein anderes Einsatzgebiet begann mit der 1996 von der NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) durchgeführten Mars-Mission *Pathfinder*, in welcher zum ersten Mal ein von Menschen gesteuerter Mars-Rover Roboter namens *Sojourner* eigenständig den Mars erkundete. In den darauf folgenden Jahren wurden zu diesem Zwecke noch die Roboter *Spirit* und *Opportunity* entwickelt und eingesetzt. Die den Menschen substituierende Verwendung von Robotern auf dem Mars bot sich an, da es vor allem galt, erste Bestandsaufnahmen auf dem Planeten durchzuführen und anhand von Boden- und Gesteinsproben zu untersuchen, ob Wasser vorhanden war. Für die einfache Entnahme von Boden- und Gesteinsproben ist ein Roboter vollkommen ausreichend, das Gefahrenpotenzial und die vergleichsweise höheren Kosten für einen menschlichen Einsatz sind in diesem Fall nicht gerechtfertigt.

Protektionsroboter haben folgende Charakteristika:

- Protektionsroboter sind weitgehend ferngesteuert.
- Protektionsroboter sind mobil, dies aber nur begrenzt bzw. innerhalb eines fest definierten Radius von Bewegungsoptionen.
- Protektionsroboter müssen extremen Umgebungsvariablen standhalten können (z. B. mangelnder Schwerkraft oder großer Hitze).
- Autonomes Handeln ist bei Protektionsrobotern selten oder nur begrenzt erwünscht. Autonomie könnte sogar zum Scheitern der eigentlichen Aufgabe führen.
- Bei Protektionsrobotern ist die Mensch-Roboter Kommunikation meist mono-direktional. Es gibt also nur der Mensch Steuerungsanweisungen, während der Roboter Video- oder Ton-Signale sendet.

1.2.3 Robotersozietäten

Dieser Bereich lehnt sich definitorisch stark an Fauna und Ethologie an. Verhaltensweisen und Interaktionsmöglichkeiten werden von Tieren kopiert, die im Rudel oder in Schwärmen leben. Ein nicht unerheblicher Forschungsbereich inner-

halb der *social robotics* befasst sich mit Schwarm-Robotern, die nur in einem Verbund und gemeinsam (kooperativ) Aufgaben bewältigen können. *Social robotics* ist in diesem Gebiet vorherrschend, da es sich auf kooperative Fertigkeiten konzentriert: Wie können es Roboter bewerkstelligen, zunächst untereinander ein gemeinsames Ziel zu kommunizieren, dann einen Plan oder eine Strategie bezüglich der Aufgabenverteilung festzulegen und schließlich das Ziel zu erreichen, indem alle Teilergebnisse oder Aufgaben zusammen geführt werden und vor allem indem sich die einzelnen Roboter während der Aufgabenbewältigung nicht behindern. Ein relevanter Fehlerbereich ist hier die Mobilität der Roboter, da sie einander potenziell zum Hindernis werden können.

Folgende hervorstechende und übereinstimmende Charakteristika können zusammengefasst werden:

- Robotersozietäten verfügen über kooperative und distributive Kontrollmechanismen.
- Robotersozietäten setzen aufgrund der Kollisionsgefahr eine verstärkte haptische und visuelle Sensorik voraus.
- Robotersozietäten manifestieren sich entweder durch Schwarm-Verhalten (homogene Robotersozietäten) oder Hierarchie-Verhalten (heterogene Robotersozietäten).
- In Robotersozietäten ist eine Definition von ‚kulturellen‘ Verhaltensweisen und Identifikationsmerkmalen notwendig.
- Autonomes Handeln ist bei heterogenen Robotersozietäten lediglich bedingt möglich, da die Roboter sich immer in ein fest vorgegebenes Gesamtgefüge (Lebensraum) eingliedern müssen.
- In Robotersozietäten ist Kommunikation untereinander vorhanden, wenn auch unterschiedlich versiert oder häufig (z. B. zur Strategie-Planung).
- Eine beliebige Anzahl n an Schwarm- oder Hierarchie-Robotern kann gegebenenfalls von nur einem Menschen gesteuert oder überwacht werden.

Bereits auf den ersten Blick lassen sich Potenziale wie auch Schwierigkeiten bzw. Komplexitäten der Robotersozietäten feststellen. Brooks (1986) entwarf in

Anlehnung an die Evolution von Insekten die Idee des stark vereinfachten Roboters, welcher durch eine Kombination unterschiedlicher Schichten von Komplexitätsstufen sukzessive auch schwierige Aufgaben übernehmen kann. Dabei entfernte er sich von dem zum damaligen Zeitpunkt weit verbreiteten Ehrgeiz, hoch intelligente Roboter mit nachweisbaren kognitiven Fähigkeiten zu bauen, da er dies als weder ökonomisch noch praktikabel erachtete und formalisierte seinen neuen Ansatz in der *subsumption architecture* (vgl. auch Duffy, 2000; Arkin, 1998).

Again, thinking about insects gave an insight. Insects, and indeed all creatures, evolved over time. They neither started out fully formed with all their capabilities, nor did they remain static over hundreds or thousands of generations. In the main, creatures started out with simple capabilities and, over time, developed more sophisticated capabilities. [...]

This was the metaphor I chose for my robots. I would build simple control systems for simple behavior. Then I would add extra control systems for more complex behavior, leaving the older control systems in place [...]. (Brooks, 2002, Seite 40)

Insekten-Metapher sowie *subsumption architecture* sind durchaus anlehnbar an die Idee der Schwarm-Roboter, welche als Grundlage ebenfalls die Kompetenz-Maximierung durch die Minimierung der einzelnen kognitiven Fähigkeiten aufweist.

Schwierigkeiten ergeben sich im Bereich der Kommunikation, da die gemeinsame Bewältigung einer Aufgabe auch ein kritisches Maß an Verständigung verlangt. Dennoch gilt es hierbei zwischen den unterschiedlichen Strukturen der Robotersozietäten zu unterscheiden: Handelt es sich um eine hierarchische Struktur, wird sich der Diskursstil stark auf mono-direktionale Kommunikation beschränken. Bei einer homogenen Struktur hingegen wird die Kommunikation untereinander notwendig sein, um genaue Anweisungen für jeden Roboter durch den Menschen zu vermeiden. Andernfalls wäre die Aufsplittung einer Aufgabe in viele Unteraufgaben ökonomisch nicht sinnvoll. Damit existieren zwei kommunikative Schnittstellen: Mensch-Roboter Kommunikation und Inter-Roboter Kommunikation.

1.2.4 Service-Roboter

Für Geisteswissenschaftlerinnen ist das Gebiet der Service-Roboter von besonderem Interesse, da es sich hierbei um intelligente autonome Roboter im eigentlichen Sinne handelt und sich somit epistemologische Ansätze aus den Bereichen Soziologie, Linguistik und Kognitionswissenschaften bilden.

Ein weit verbreitetes Gebiet der Service-Roboter stellt die Unterhaltungselektronik dar. Diese verwendet Roboter, die zur Unterhaltung oder zu einer hybriden Form von Spaß und Lernen (so genannte *Edutainment*-Produkte) eingesetzt werden. Ein erster, interessanter Untersuchungsbereich aus soziologischer wie auch linguistischer Sicht in Bezug auf Mensch-Roboter Interaktionen ist die Akzeptanzschwelle: Es ist bekannt, dass in Japan und China Roboter bereits taxativ an Stelle von Haustieren (zum Beispiel der Roboter-Hund AIBO von Sony) akzeptiert werden. Die Entwicklung begann unter anderem mit dem elektronischen Haustier *Tamagotchi* Mitte der 90er Jahre, welches mittels eines Gameboy simuliert wurde, und schritt voran bis hin zu tatsächlichen Roboter-Tieren wie AIBO als vollständiger Ersatz von lebendigen Haustieren (vgl. Breazeal, 2004c; Dautenhahn, 2002b; Friedman, Kahn, & Hagman, 2003).

Neben der Unterhaltungsbranche werden Service-Roboter in Krankenhäusern, als Informationsführerinnen in Museen und zur Unterstützung bei Haushaltsarbeiten eingesetzt. Der Einsatz in Krankenhäusern allein birgt eine enorme Bandbreite von Handlungsszenarien, vom Servieren der Mahlzeiten bis hin zur Durchführung von Operationen. Beim letzteren Punkt gibt es von der Handhabung her wiederum große Unterschiede: Roboter, die direkt neben der Chirurgin zum Einsatz kommen und jene, die per Fernsteuerung – beispielsweise von einer medizinischen Korifäe aus dem Ausland – gesteuert werden sowie reine Operations-Assistentinnen für begrenzte und fest definierte Handlungsräume.

Eine der ersten Firmen, die Haushaltsroboter in Serie und zu tragbaren Preisen herstellte, ist *iRobot*, ein von Brooks gegründetes Unternehmen, welches unterschiedliche Roboterformen (physisch-reale Roboter bis hin zu Software-Programmen) produziert. Ihr bekanntestes Produkt ist der Staubsauger-Roboter *Roomba*.

Für Arbeiten im Haushalt ist auch in Deutschland bereits ein eigenständig arbeitender Staubsauger als Service-Roboter im Einzelhandel erhältlich. Darüber hinaus hat Mark Tilden einen der ersten kostengünstigen Roboter für den Un-

terhaltungsmarkt produziert. Sein Ziel ist eine flächendeckende Versorgung mit Robotern, so dass der Umgang mit diesen auch außerhalb des Labors stattfinden kann: „Alle anderen Roboter sind doch Laborprodukte. Niemand weiß, wie Menschen sie wirklich einsetzen würden. Vielleicht nervt ein Roboter ja auch mit der Zeit. All das gilt es herauszufinden [...]“ (Breuer & Buchacher, 2004, Seite 116). Somit hat diese Form von Mensch-Roboter Interaktion bereits den Sprung aus dem teuren Fachhandel in den preisgünstigen Einzelhandel geschafft.

Der Einsatz von Robotern in Museen ist ein beliebtes Feld und es finden sich hier eine Vielzahl an unterschiedlichen Schnittstellen. So gibt es Roboter, die sich mit *edutainment* gleichsetzen lassen bzw. künstlerisch interessierte Museumsbegleiterinnen, welche die Menschen mit Informationen und Direktionen versorgen, dies aber in einer ansprechenden und unterhaltsamen Art und Weise. Andere Museumsführerinnen basieren auf reiner Textein- und Ausgabe, sind nur in geringem Ausmaß als humanoide Roboter entworfen worden und stellen daher eher eine mobile Informationssäule dar. Eine leicht abgewandelte Form von Museumsroboter sind die Roboter-Rezeptionistinnen, die bereits an einigen Universitäten und Forschungseinrichtungen eingesetzt werden, wie zum Beispiel „Valerie“ an der *Carnegie Mellon University* in den Vereinigten Staaten (Lin, 2004).

Die Service-Roboter weisen folgende Charakteristika auf:

- Service-Roboter umfassen eine breite Palette an unterschiedlichen Designs, von menschen- oder tierähnlichem Design bis hin zu „Imitationen“ von Maschinen (z. B. Staubsaugern).
- Der potenzielle Autonomiegrad von Service-Robotern richtet sich in hohem Maße nach dessen Einsatzgebiet: Operations-Roboter sind als autonome Agenten nicht einsetzbar, Haushaltsroboter dagegen müssen sich in einem bestimmten Umfeld eigenständig bewegen können (z. B. Hindernis-Vermeidung beim Staubsaugen) und Informationsroboter agieren innerhalb eines fest definierten Wissens- und Bewegungsradius.
- Service-Roboter aus dem Unterhaltungsbereich müssen den Autonomiegrad eines Lebewesens simulieren können. Hier werden grundlegende biologische Bedürfnisse wie Nahrungsaufnahme nur abstrahiert imitiert (zum Beispiel das eigenständige Aufladen der Batterie als Nahrungsaufnahme).

- Service-Roboter im engeren Sinne sind eine deutliche Abbildung des durch Fiktion geprägten Bildes eines Knechts des Menschen (wie in Capeks R.U.R.). Das heißt, dass sie auf Anweisungen bzw. Pflege des Menschen angewiesen sind und somit ein eindeutiges Abhängigkeits-Verhältnis vorhanden ist.
- Service-Roboter sind nach dem heutigen Stand der Technik nicht oder nur eingeschränkt lernfähig. Dies unterstreicht die Abhängigkeit von menschlicher Steuerung.

1.2.5 Roboter-Prothesen

Der Begriff Roboter-Prothesen bezieht sich im direkten Sinne auf den synthetischen Ersatz von menschlichen Körperteilen. Darüber hinaus ist mit Prothese auch die ursprüngliche Bedeutung aus dem Griechischen – *prósthesis* für Zusatz, Vermehrung – gemeint und bildet damit, wenn auch nur ansatzweise, eine Parallele zu Marshall McLuhan, der das Fernsehen und andere (Massen-)Medien als *Extensions of Man* (McLuhan, 1964) definierte.

Roboter-Prothesen können somit auch transponiert als Erweiterung oder Amplifikation von menschlichen Fähigkeiten und Körperteilen eingesetzt werden. Bekannt sind so genannte Körperprothesen, welche entweder bei Lähmung bestimmter Extremitäten oder sogar als vollständige Substitution nach dem Verlust von Extremitäten wie Händen, Armen oder Beinen eingesetzt werden.

An der *University of Utah* entwickelt Stephen Jacobsen Roboter-Außenskelette für Menschen. Diese sollen – nach einer Protophase – Soldatinnen oder Rettungshelferinnen eine extreme Kräftesteigerung verschaffen und eventuell auch Menschen mit einer Gehbinderung wieder das Laufen ermöglichen. Der Roboter-Anzug oder das künstliche Skelett dient u.a. dazu, menschliche Bewegungsabläufe zu studieren, um wiederum die Ergebnisse in die Optimierung des Roboter-Anzugs einfließen zu lassen (Huang, 2004).

Eine der neueren Entwicklungen aus den Neurowissenschaften ist das Gebiet des *brain-machine interface*, der Hirn-Maschine-Schnittstelle. Hierbei handelt es sich um eine Schnittstelle, über die das menschliche Gehirn ein mechanisches Gerät als ein natürliches, dem Körper zugehöriges Teil akzeptiert und auch steu-

ert. Auf der Basis von im Gehirn implantierten Elektronen können auch örtlich entfernte Roboter oder Maschinen bewegt und gesteuert werden. Die *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) in den Vereinigten Staaten hat hierzu Projekte gestartet und investiert beträchtliche Summen in die Forschungsprojekte rund um *human assisted neural devices* im Bereich der Hirn-Maschine-Schnittstelle sowie in das EHAP Programm – *Exoskeletons for Human Performance Augmentation*. Bei letzterem Programm wird das Ziel verfolgt, die körperlichen Kompetenzen von Soldatinnen zu verbessern.

Der Neurophysiologe Edward Schmidt schlug bereits 1980 vor, Menschen, die an einer Lähmung leiden, entweder durch Muskelsimulation oder die Fernsteuerung von externen Geräten oder Hilfsmitteln über das Gehirn zu unterstützen (Nicoletis, 2003). In Deutschland befasst sich unter anderem Niels Birbaumer von der Universität Tübingen mit diesem Bereich. In dem Projekt „Kommunikation durch Selbstkontrolle der Hirnströme“ befassen sich Birbaumer und weitere Forscherinnen mit der Erarbeitung eines *thought translation device*. Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, bei dem durch Lernprozesse letztlich unwillkürliche Vorgänge wie Herzfrequenz, Muskelspannung oder Hirnströme beeinflusst und in Signale an die Umwelt umgewandelt werden können (Birbaumer, Hinterberger, Kübler, & Neumann, 2003; Birbaumer et al., 1999).

Folgende Charakteristika von Roboter-Prothesen sind festzustellen:

- Bei Roboter-Prothesen handelt es sich oftmals um ein direktes, physisches Interface, wodurch der menschliche Körper mit einem künstlichen Gerät (Roboter-Einheit) verbunden ist.
- Die Bewegungskompetenzen und das Schnittstellen-Design von Roboter-Prothesen sind oft biomimetischen Steuerungsmechanismen angelehnt. Biomimetik eignet sich insofern, weil die Adaption eines tatsächlichen Modells aus der Biologie für die Entwicklung eines Gerätes, das sich möglichst nahtlos in oder an den menschlichen Körper anpassen soll, die bisher ziel-führendste Methode darstellt.
- Bei Roboter-Prothesen im herkömmlichen Sinn (also beispielsweise künstliche Arme, Beine, Gelenke) wird besonders auf deren Verhüllung bzw. auf ein natürliches Aussehen geachtet. Das heißt, dass eine Täuschung oder

Simulation angestrebt wird, um der Trägerin und auch der Umwelt die Akzeptanz dieser künstlichen Prothesen zu erleichtern. Hier liegt ein Gegensatz zu Service- oder Gefahren-Robotern vor, bei denen nur partiell eine Assimilierung an ein lebendiges Vorbild angestrebt wird (z. B. der AIBO Hund), die offensichtliche Unterscheidung von Mensch und Roboter jedoch immer vorherrschend ist.

Während Roboter-Prothesen ebenso wie Service-Roboter einen sichtbaren Platz in unserem täglichen Leben einnehmen, wird angestrebt, dass Roboter-Prothesen diese Rolle möglichst unsichtbar einnehmen. Vergleichbar mit einer Souffleuse im Theater, sollten sie die Akteurinnen unterstützen, stets im Hintergrund agieren und damit die entsprechende Arbeit erleichtern.

Der Vergleich mit der Souffleuse trifft im übertragenen Sinne auch auf die Gehirn-Maschine-Schnittstellen zu, insbesondere auf Forschungsbereiche wie das Gedanken-Übersetzungs-Gerät (*thought-translation device*). In Rückgriff auf die anfangs erwähnte Parallele zwischen McLuhan und dem Medium als "Extensions of Man", stellt sich auch bei der Souffleuse die Frage nach dem Skript (der *message per se*) und damit wieder nach dem eigentlichen Steuerungsmoment von Roboter-Prothesen. Eine Souffleuse kann kaum als ein 'intelligenter autonomer Roboter' bezeichnet werden, da sie sich streng an ein ihr vorgegebenes Skript halten muss (hinzu kommt, dass auch ihr physischer Interaktionsradius durch den so genannten Souffleuse-Kasten extrem begrenzt ist). Somit stellt sich die Frage nach der eigentlichen Handlungsagentin, der Autorin des Skriptes.

Um diese Frage zu beantworten, ist ein erweiterter Analysebereich in Betracht zu ziehen. Protagonistinnen sind hier sicherlich die Entwicklerinnen der Roboter-Prothesen, sowie die grundlegenden Methodologien bezüglich der Implementation von Mensch-Roboter Schnittstellen. Im Falle des *thought-translation device* wird natürliche Sprache stark reduktionistisch auf eine formale Ebene von binären Aussagen abstrahiert (,ja' und ,nein', oder ,0' und ,1'). Dies nimmt starken Einfluss auf die eigentlich zu übermittelnden Aussagen oder Gedanken, womit das Medium die Nachricht steuert und souffliert. Eine eingehende Diskussion dieses Punktes bildet einen inhärenten Bestandteil dieser Arbeit (u.a. Kapitel 5 und 6); an dieser Stelle soll jedoch ein deskriptives Moment bezüglich einer Taxonomie von Robotern nicht überschritten werden.

1.3 Fachliche Einordnung der Mensch-Roboter Interaktion

Mensch-Roboter Interaktion umfasst die Ziele zweier großer Bereiche: Mensch-Computer Interaktion (*Human-Computer Interaction, HCI*) und KI-Forschung. Eines der Ziele der KI-Forschung ist die Entwicklung intelligenter Maschinen, Programme oder Wesen. Die Mensch-Computer Interaktion beschäftigt sich dagegen mit der Optimierung von Computersystemen hinsichtlich der Bedürfnisse und Wünsche der Nutzerinnen.

Menschen und Roboter interagieren bereits seit Mitte des 20. Jahrhunderts, doch war die Modalität der Interaktion lange Zeit auf einfache, binäre und unidirektionale Handlungen (An-Aus) beschränkt. Mit steigender Komplexität und Intelligenz (im weiteren Sinne) der Roboter jedoch hat sich die Interaktion zwischen Mensch und Roboter verändert.

Dennoch steckt das Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion noch in den Kinderschuhen und wird teilweise als Subdisziplin der Mensch-Computer Interaktion eingegliedert (vgl. Yanco & Drury, 2002; Kiesler & Hinds, 2004). Darüber hinaus wird die Mensch-Roboter Interaktion auch als ein Unterbereich von CSCW (*computer-supported cooperative work*) diskutiert.

Often teams of people work with one or more robots, clearly putting the human-robot system in the real of CSCW. Even when a human-robot system is comprised of only one human and one robot, this human-robot system can be considered to be engaged in CSCW if the robot is viewed as an (unequal) partner to the human. (Yanco & Drury, 2002, Seite 111)

Fong, Thorpe und Baur (2001) bezeichnen die Mensch-Roboter Interaktion als Disziplin, die sich mit Analyse, Design, Modellierung, Implementation sowie Evaluation von Robotern für die Nutzung durch den Menschen befasst. Neben der ausgeprägten Verbindung zum Gebiet Mensch-Computer Interaktion sehen Fong et al. eine weitere Verbindung zur Mensch-Maschine Interaktion, wodurch die ingenieurwissenschaftliche sowie technische Ausrichtung hervorgehoben wird. Es wird jedoch betont: "HRI, however, differs from both HCI and HMI because it concerns systems (i. e., robots) which have complex, dynamic control

systems, which exhibit autonomy and cognition, and which operate in changing, real-world environments” (Fong et al., 2001).

Eine direkte Aufschlüsselung der Mensch-Roboter Interaktion nehmen Takeda, Kobayashi, Matsubara und Nishida (1997) bezüglich der zu differenzierenden Interaktionsmodalitäten vor. Diese unterscheiden zwischen

- *Primitive interaction*: Mensch-Roboter Kommunikation via computergestützten Schnittstellen.
- *Intimate interaction*: Direkte synchrone Mensch-Roboter Kommunikation oder Interaktion, beispielsweise anhand von Gestik, Mimik oder natürlicher Sprache. In dem von Takeda et al. beschriebenen Experiment handelt es sich in gewisser Weise um eine semi-synchrone Interaktion, da der Mensch via Gestik mit dem Roboter kommunizieren kann, während dem Roboter zwei Kanäle – Gestik und Sprache – zur Verfügung stehen.⁵
- *Loose interaction*: In dieser Interaktionsmodalität sind Mensch und Roboter örtlich voneinander getrennt, also nicht in direktem Blick- oder Sprechkontakt. Hier wird eine Mediatorin eingesetzt (zum Beispiel eine Videokamera), welche die entsprechenden Räumlichkeiten überwacht und gleichzeitig bestimmte Gesten oder Kommunikationsformen aufnimmt, übersetzt und weiterleitet.
- *Cooperative interaction*: Bei kooperativen Interaktionen werden in Rahmen von bestimmten Tätigkeitsbereichen Roboter oder Menschen abhängig von den gegebenen oder sich entwickelnden Anforderungen der Situation kumulativ eingeführt. Damit erzeugt diese Interaktionsmodalität einen hohen Grad an potenzieller Volatilität, Fluktuation und Dynamik.

Exkurs

Auffallend bei dieser Unterteilung ist die wechselseitige Nutzung der Begriffe „Interaktion“ und „Kommunikation“. Diese semantische Vereinheitlichung zieht sich durch eine

⁵Diese einseitige Einschränkung entstand durch den rein pragmatischen Hintergrund der nicht einbaubaren Spracherkennungsumgebung.

Vielzahl von Publikationen und Diskussionen auf dem Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion wie auch der Mensch-Computer Interaktion und lässt generell auf ein Desiderat linguistisch fundierter Definitionen und Modelle schließen.

Mit der Computerlinguistik und anderen Subgebieten (oder Paragebieten) der Linguistik scheint die Einführung sprachwissenschaftlicher Modellierungen und Techniken in die Informatik und Ingenieurwissenschaften bis hin zur Mechatronik schon stattgefunden zu haben. Doch weist die generische Anwendung fachlicher Begriffe wie „Interaktion“ und „Kommunikation“ auf das Gegenteil hin. Hinzu kommt, dass gerade das Begriffspaar „Interaktion“ und „Kommunikation“ in Ingenieurwissenschaften wie auch Informatik eine große Spannbreite abdeckt, was sich unter anderem durch die Vielseitigkeit der Robotik erklären lässt: Sämtliche Kontexte von computerbasierter Robotiksteuerung im Bereich der industriellen Roboter bis hin zu Mensch-Roboter Dialogen auf der Basis natürlicher Sprachausgabe oder auch non-verbaler Kommunikation wollen hierbei ‚sprachlich‘ eingeordnet werden.

Die ersten Veröffentlichungen zur Mensch-Roboter Interaktion bezogen sich auf die Handhabung und Steuerung von industriellen Robotern (vgl. Rahimi & Karwowski, 1992; Sheridan, 2002). In diesen Arbeiten stand das Moment der Teleoperation, also Fernsteuerung, im Vordergrund.

In dem einführenden Sammelband von Rahimi und Karwowski wird das Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion in die drei Hauptteile *human factors, safety* und *design and implementation* eingeteilt, wobei hauptsächlich noch von einem nutzerinnenzentrierten Ansatz ausgegangen wird. Das heißt, dass die Erkenntnis oder auch der Ansatz einer tatsächlichen Mensch-Roboter Interaktion auf sozialer Basis noch nicht formuliert wird, sondern vielmehr die Intention im Vordergrund steht, den Roboter möglichst exakt den Bedürfnissen des Menschen anzupassen. Lediglich in Kapitel 16 formulieren Engelhardt und Edwards ein integratives Paradigma für Mensch und Roboter (“Human-robot integration for service robotics”) und führen hier – in Verbindung mit Service-Robotern – den Terminus Mensch-Roboter Interaktion an: “The distinguishing characteristic of service robotics—their close proximity to humans in service sector roles—creates new demands for both the human and the robot from a human-robot interaction perspective” (Engelhardt & Edwards, 1992, Seite 315).

Diese von Engelhardt und Edwards eingeleitete Richtung bezüglich der Relevanz von neuen Schritten in der Mensch-Roboter Interaktion hat sich seither in ihrer Bedeutung verstärkt. Die ursprünglich vorherrschende Fokussierung auf die Fernsteuerung oder, generell gesehen, auf kybernetische Aspekte zwischen Mensch und Industrieroboter steht mittlerweile nicht mehr im Vordergrund, sondern wird vielmehr parallel zu anderen Aspekten eingeordnet.

Human-robot interaction (HRI) goes beyond teleoperation of a remote platform and allows for some set of autonomous behaviors to be carried out by the robot. This could range from a robot responding to extremely precise commands from a human about adjustment of a control arm to a more sophisticated robot system planning and executing a path from a start point to an end point supplied by a user. The concept of human-robot interaction has only become possible in the last decade because of advances in the field of robotics (perception, reasoning, programming) that make semi-autonomous systems feasible. (Scholtz, 2003)

1.3.1 Disziplinäre Einflüsse

Abschließend soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass das Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion eine Vielzahl an disziplinären Einflüssen integriert. Hierzu zählen unter anderem die Bereiche Robotik, Mechatronik, Mensch-Computer-Interaktion, *usability*-Forschung (in Bezug auf Maschine und Computer), Autonome Agenten, KI-Forschung und Computerlinguistik. Eine genaue Beschreibung dieser Disziplinen würde deutlich über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen. In Hinblick auf den sprachwissenschaftlichen Ansatz dieser Arbeit und die an späterer Stelle aufkommenden Referenzen zum Gebiet der Computerlinguistik, bietet sich eine kurze formale Einführung in dieses disziplinäre Einflussgebiet an.

1.3.2 Computerlinguistik

Die Computerlinguistik beschäftigt sich mit der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache. Computerlinguistik im engeren Sinne beschreibt als Erkenntnisziel die Entwicklung formaler Methoden zur Beschreibung sprachlicher Regelsysteme (Wallmannsberger, 1994). Das Fachgebiet wird generell im Überschneidungsbereich von Informatik und Linguistik angesiedelt (vgl. Carstensen

et al., 2004; Knapp, 2004), wobei die Anwendungsfelder von Korrekturprogrammen, computergestützter Lexikographie, "Text Mining" und Informationsextraktion, Textklassifikation, Textzusammenfassung, Sprachsynthesysteme, Spracherkennungssysteme, Natürlichsprachliche Retrieval-Schnittstellen, Dialogsysteme, Sprachlehr- und -lernsysteme, Elektronische Kommunikationshilfen bis hin zur Maschinellen Übersetzung reichen (Knapp, 2004). Das Gebiet der Maschinellen Übersetzung wird dabei als Initiationsgebiet der Computerlinguistik gesehen. Martin Kay (Mitkov, 2003) erwähnt in diesem Zusammenhang das Jahr 1949 und das Memorandum Warren Weavers bezüglich der Möglichkeit, dass maschinelles Übersetzen potenziell zu realisieren wäre.

Carstensen et al (2004) schlüsseln die Komplexität des Fachgebiets Computerlinguistik unter anderem durch eine Abgrenzung der unterschiedlichen Auffassungen von Computerlinguistik auf. In diesem Zusammenhang werden vier Hauptrichtungen erwähnt: Eine Teildisziplin der Linguistik, Soziolinguistik oder Psycholinguistik; eine Disziplin für die Entwicklung linguistik-relevanter Programme sowie für die Verarbeitung linguistischer Daten; eine Methodologie zur Realisierung natürlichsprachlicher Verarbeitungsvorgänge (*Natural Language Processing*) und schließlich die Computerlinguistik als Teildisziplin oder Einfluss auf die Ingenieurwissenschaften in der praxisorientierten Konzeption von Sprachsoftware.

Eine wichtige Unterscheidung der Computerlinguistik betrifft – wie in vielen anderen Fachgebieten auch – die Abgrenzung von praktischer und theoretischer Computerlinguistik. Die praktische Seite ist nach Außen für ein breiteres Publikum sichtbar. Es handelt sich somit um die Entwicklung von konkreten Softwareprodukten oder anderen Anwendungen computerlinguistisch beeinflusster Software. Die theoretische Sparte der Computerlinguistik ist insofern ebenso wichtig, da hier die Fragestellung behandelt wird, „wie natürliche Sprache formalisiert und maschinell verarbeitet werden kann, ohne dass der Blickwinkel durch die Notwendigkeit, ein tatsächlich funktionierendes System bauen zu müssen, eingeschränkt wird“ (Carstensen et al., 2004, Seite 8). Damit wird Raum gelassen für weitere Fachgebiete wie Logik, formale Linguistik oder Compilerbau, so dass Komplexität, Arbitrarität und beispielsweise die Tendenz zur Tropen- oder Metapherbildung der natürlichen Sprache anhand von konkreten Formalismen

diskutiert werden können, ohne dass bereits in die Argumentationslinien eine konkrete Umsetzung integriert werden muss.⁶

1.4 Socially Intelligent Agents

An die Visionen von Engelhardt und Edwards anknüpfbar ist eine parallele Entwicklung der fachlichen Diskussion von Mensch-Roboter Interaktionen. Hierbei handelt es sich um das Gebiet der *socially intelligent agents* (SIA), welches die Beziehungen zwischen Mensch und Computer sowie Mensch und Roboter umfasst. Die Verbreitung und umfassende Diskussion zum Gebiet SIA begann erst gegen Ende der 1990er Jahre durch zwei von der AAAI (*American Association for Artificial Intelligence*) organisierte Symposien (1997 und 2000), denen eine Reihe von Sonderausgaben (*Special Issues*) und Publikationen folgten.

Das SIA-Gebiet ist für eine Methodologiefindung der Mensch-Roboter Interaktion insofern interessant, als es die Kategorisierung von Robotern hinsichtlich pragmatisch-örtlich geleiteter Paradigmen verlässt und in Richtung ihres sozialen Status verschiebt. Hieraus ergibt sich eine heterogene Mischung von Roboterarten, die als *socially intelligent agents* bezeichnet werden. Dazu zählen sämtliche Roboterarten, welche in die Kategorie Service-Roboter fallen sowie einige Formen aus den Kategorie Roboter-Prothesen und Robotersozietäten im weiteren Sinne. Beispiele für die drei Kategorien sind die so genannten *sociable robots* wie Kismet (Breazeal, 2002) oder Infanoid (Kozima, 2002), Avatare und Softbots (Cassell, Sullivan, Prevost, & Churchill, 2000; Rickel & Johnson, 2000), Robotersozietäten (Billard, 2002) sowie intelligente Rollstuhlroboter (Yanco, 1998) aus dem Bereich der Roboter-Prothesen.

Dautenhahn (2002b) definiert SIA durch ihre Abgrenzung von Agenten-Systemen, die oftmals nur peripher an menschlichen Intelligenzstrukturen angelehnt sind: Sie tendieren dazu, Modelle aus der Fauna zu adaptieren und zudem ihren Fokus auf die Optimierung der Technik und Software zu legen. *Socially in-*

⁶Für eine weitergehende Beschäftigung mit dem Gebiet der Computerlinguistik bieten sich unter anderem Karttunen (1986) oder die Sammelbände von Willée (2002) und Mitkov (2003) an.

telligent agents dagegen werden als Agenten-Systeme definiert, die menschliche soziale Intelligenz verkörpern können.⁷

Methodologien und Paradigmen

Aus dem SIA-Ansatz ergeben sich unterschiedliche Interaktionsmodalitäten und Kommunikationsbedürfnisse, die ihren gemeinsamen Nenner in der sozialen Interaktion zwischen Mensch und Roboter haben. Suzuki und Hashimoto gehen dabei von einer „harmonisierten“ gemeinsamen Umwelt aus: “Our research aim is to build a harmonized human-machine environment where humans and machines can interact with each other in natural, seamless and intuitive ways” (Suzuki & Hashimoto, 2001). Das Paradigma der harmonischen Umwelt bezieht sich in diesem Fall einerseits auf die Interaktionsformen und -potenziale des Roboters und andererseits auf die Roboterkonstruktion per se. Das heißt, dass die Roboterschnittstelle eine tragende Rolle in der Mensch-Roboter Interaktion einnimmt und die gemeinsame Umwelt durch den humanoiden Körper des Roboters wahrgenommen wird, also nur dadurch entstehen kann. Dabei definieren Suzuki und Hashimoto einen humanoiden Körper nicht nach dessen Grad der Anthropomorphisierung sondern nach den drei Kriterien (a) Autonomie und Lebensfähigkeit (*self-subsistent ability*), (b) Fähigkeit der Verhaltens- und Systemerweiterung (*system/behavior plug-in*) und (c) menschenähnliche Modalität.

Die Abkehr von der ästhetischen Übereinstimmung mit dem Menschen – anders als bei den Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der Avatare (siehe Kapitel 2), bei welchen die „Wahrheit“ oder „Überzeugungskraft“ allein in der „Schönheit“ der Avatare liegt (vgl. Nass, Isbister, & Lee, 2000) – und die Herstellung einer lediglich marginalen Kongruenz hinsichtlich primärer Sinnesorgane wie Augen und Ohren findet sich auch in anderen humanoiden Robotern, welche die soziale Interaktion mehr durch Verhaltensweisen als durch ihr Äußeres hervorzurufen versuchen. Was jedoch fehlt ist das ‚Paradigma einer mutualen Dialogfähigkeit‘ zwischen Mensch und *socially intelligent agent* oder Roboter generell.

⁷Für eine ausführliche Diskussion zum Thema Agenten und *socially intelligent agents* vgl. u. a. Dautenhahn (1998).

Mit der Vermeidung des Begriffs „Kommunikation“ oder „Kommunikationsfähigkeit“ in diesem Paradigma soll ein klarer Strich unter die bereits erwähnte Begriffssynthese von „Interaktion“ und „Kommunikation“ gezogen werden. Ferner legt das Kriterium der mutualen Dialogfähigkeit zunächst keine Anpassungsrichtung fest (Mensch an Roboter oder Roboter an Mensch), womit die notwendige linguistische Freiheit für die Entwicklung und Diskussion eines Mensch-Roboter Dialogs gegeben ist und ein dynamischer wie auch diachroner Kommunikationscharakter gesichert ist. Da es sich hier um ein von der Autorin aufgestelltes Paradigma handelt, wird hierauf in den nachfolgenden Kapiteln weiterhin Bezug genommen.

Für viele Roboterarten wird der Begriff *social* oder *sociable*⁸ mit dem Grad der Personalisierung gleichgestellt und daher auch synonym mit *personal* bzw. „persönlich“ benutzt. Persönlichkeit wird somit zum Schlüsselbegriff für *sociable robots*, welcher gleichfalls die Bereiche Verkörperung (*embodiment*), Intelligenz und Kommunikation nach sich zieht. Nach Cassell (2000) können die unterschiedlichen Konzepte und Modelle auf das Meta-Ziel der Generierung von natürlicher Konversation (Unterhaltung) abstrahiert und damit in Verbindung gebracht werden. “Four models, in particular, that inform the production of conversational behaviors are employed by the authors in this volume, and those are *emotion, personality, performatives, and conversational function*” (Cassell, 2000, Seite 2).

Diese vier Modelle sind nicht klar voneinander zu differenzieren und verhalten sich in einem eher synergetischen Modus zueinander. Dabei ist auffallend, dass sich zumindest zwei der Modelle in ihrem zeitlichen Horizont von den anderen beiden Modellen unterscheiden: Persönlichkeit und kommunikative Funktion lassen sich nur über einen längeren Zeithorizont hinweg überzeugend umsetzen. Dabei setzt sich die Persönlichkeit sowohl aus Sprache/Rhetorik als auch aus redundanten emotionalen Verhaltensweisen, Performativen und dem physischen Erscheinungsbild zusammen. Sollte sich ein Roboter oder Avatar in einer bestimmten Situation, zum Beispiel in Angstsituationen, alternierend und nicht

⁸Die Begriffe *social* und *sociable* werden in Kapitel 3 erläutert und definiert.

kalkulierbar verhalten, wird es den Interaktantinnen schwer fallen, diesem eine bestimmte Persönlichkeit zuzuschreiben.

Von einer technischen Perspektive aus ist die Generierung von Emotionen und auch Persönlichkeit per se kein triviales Problem. Es stellt sich die Frage, wie Emotionen generiert und vor allem für die Umwelt (also den Menschen oder gegebenenfalls andere Roboter) verständlich gemacht werden. Adams, Breazeal, Brooks und Scassellati (2000) sprechen in diesem Fall von einem zweiseitigen Problem: Der sozial veranlagte Roboter muss einerseits die Emotionen seiner Umwelt wahrnehmen und verstehen können und andererseits seine eigenen Emotionen so einsetzen können, dass sie für die Umwelt verständlich und anknüpfbar sind: "Second is the ability to manipulate the environment to express its own emotional state in such a way that it can affect social-interaction dynamics" (Seite 27).

1.5 Roboter als Simulationsobjekt des Menschen

Der Ansatz, Roboter als Simulationsobjekte des Menschen zu nutzen, führt sowohl in unterschiedliche Fachrichtungen als auch zu unterschiedlichen Fragestellungen. Hierzu sollen zwei Bereiche exemplarisch genannt werden.

Humanoide Roboter fungieren in Sprachtechnologie-Laboratorien als Simulationsobjekte für die Erforschung neuraler Kommunikationsprozesse des Menschen. So werden diese Prozesse informationstheoretischen Ansätzen gleichgestellt und an Robotern getestet. Atkeson et al. (2000) gehen in Bezug auf Kommunikationsprozesse bis hin zu menschlichen Verhaltensweisen von einem rein informatischen Ansatz aus:

Programming humanlike behaviors in a humanoid robot is an important step toward understanding how the human brain generates behavior. Three levels are essential for a complete understanding of brain functions: the computational-hardware level, information representation and algorithms, and computational theory. (Seite 55)

Breazeal (2002) stellt sowohl einen pragmatisch wie auch wissenschaftlich motivierten Ansatz für Konstruktion und Einsatz von humanoiden Robotern vor. Aus wissenschaftlicher Sicht können sich neue Erkenntnisse zu der Sozialisierung des Menschen ergeben sowie generelle Einsichten in unsere Gesellschaft

und ihre Einflüsse auf die Entwicklung des Menschen. Dabei soll versucht werden, menschliches soziales Verhalten anhand eines Computermodells zu spiegeln und an humanoiden Robotern anzuwenden. Damit erhält man eine größere Anzahl an Ergebnissen und Daten, welche einerseits mit den Verhaltensdaten des Menschen verglichen werden können und andererseits eine Möglichkeit aufzeigen können die generelle Problematik des Umgangs mit menschlichen Testobjekten zu umgehen (vgl. B. Adams et al., 2000).

Die Gleichstellung des Roboters mit dem Menschen sowie die Erwartungshaltung der kompatiblen Testergebnisse scheinen auf den ersten Blick zu weit gegriffen und nicht umsetzbar. Mit der viel beachteten Arbeit von Reeves und Nass "The Media Equation" (1996) findet sich allerdings eine wissenschaftliche Plattform für diese Arbeiten in Richtung Mensch-Roboter-Mensch Interaktion.

Die so genannte *Media Equation* steht für *media equal real life* (Reeves und Nass, Seite 5) und ist eines der Ergebnisse des wissenschaftlichen Projekts *Social Responses to Communication Technologies*. Diese Studie integrierte als Medien primär Computer und Fernsehen, Roboter nehmen keine explizite Stellung ein. In rezenten Publikationen jedoch gehen Nass, Isbister und Lee auf die Rezeption und Akzeptanz von Avataren ein:

[...] we have found that individuals' interactions with computers, television, and new media are *fundamentally social and natural*, just like interactions in real life. [...] Everyone expects media to obey a wide range of social and natural rules. All these rules come from the world of interpersonal interaction, and from studies about how people interact with the real world. But all of them apply equally well to media. (Nass et al., 2000, Seite 5)

Sicherlich muss für eine Adaption des Modells von Reeves und Nass eine Differenzierung der konkreten Roboterarten stattfinden. Das Konzept der inhärenten sozial motivierten Herangehensweise und Erwartungshaltung des Menschen gegenüber Robotern lässt sich direkt auf die Kategorie der Unterhaltungsroboter anwenden. Darüber hinaus stellt sich eine interessante Verknüpfung durch die *Media Equation* von Mensch-Computer-Roboter im Bereich der Gefahrenroboter dar: Diese werden im Regelfall per Computer ferngesteuert und so könnte man

von einer doppelten Sozialisierung des Mediums ausgehen – die soziale Haltung gegenüber dem Computer sowie gegenüber dem Roboter.

Es sollte jedoch hinterfragt werden, wie Reeves und Nass *media* definieren. Ein Computer steht als Medium für die Verrichtung von bestimmten Aufgaben wie Textverarbeitung oder Tabellenkalkulationen, für Informationssuche und -findung etc. Ein Roboter dagegen wird nicht direkt zur Textverarbeitung herangezogen, mit Ausnahme von bestimmten Softbots oder Avataren, welche als Medium „im“ Computer für bestimmte Aufgaben verwendet werden⁹.

1.6 Mensch-Computer/Roboter Interaktion

1.6.1 Mensch-Roboter Lebensformen

Die am Anfang des Kapitels differenzierten Roboterarten zeigen eine holistische Penetration des täglichen Lebens durch Roboter – privat wie auch beruflich. Interessant ist, dass eine Vielzahl von Menschen, die sich weder wissenschaftlich noch generell als Expertinnen mit Robotern beschäftigen, dies nur partiell bestätigen würden. Roboter stehen hauptsächlich als Metapher für Kino und Science Fiction. “But ask a majority of people what a *robot* looks like and they would probably describe one of the mechanical characters from a recent space movie” (McDonald, 1986, Seite 3). Sicherlich kommen bei einigen noch Bilder einer extravaganten Freizeitbeschäftigung auf, spätestens seit die so genannten *RoboCups*, Roboter Fußballmeisterschaften, sich einer immer größer werdenden Popularität und Bekanntheit erfreuen (Polani, Browning, Bonarini, & Yoshida, 2004; Hannebauer, Wendler, & Pagello, 2001).

Lebensformen auf der Basis von BDI-Architekturen

Der hohe Bekanntheitsgrad von Robotern einerseits und die dadurch verbundene Polysemie sowie die Vielfalt an Modellvorstellungen andererseits erschweren konkrete Fortschritte und Forschungserkenntnisse in der Mensch-Roboter Interaktion. Denn wie auch von Sheridan (2002) festgestellt wird, müssen sowohl

⁹Eine Definition beziehungsweise Unterteilung dynamischer und statischer Medien im Bereich der Mensch-Computer Interaktion ist bei Heinecke (2004) zu finden.

Mensch als auch Roboter mit stimmigen Modellen der jeweiligen Interaktionspartnerin ausgestattet werden, um miteinander kommunizieren zu können. Das heißt, dass ohne gemeinsame und stimmige Hintergrundinformationen kein gemeinsamer Diskursraum aufgebaut werden kann.

Dieser Ansatz findet sich ebenfalls in der so genannten *belief, desire, intention* (BDI) Architektur, welche ursprünglich weniger eine formale Theorie darstellte sondern vielmehr den theoretischen Ansatz, dass diese persönlichkeitsbildenden Faktoren angelehnt an den Menschen in eine Struktur für intelligente Agenten integriert werden müssten (Duffy, 2000; O'Hare & Jennings, 1996).

Die BDI-Architektur ist zudem vielschichtig an Linguistik und Kommunikationswissenschaften anschließbar, wonach ein gemeinsamer Hintergrund – sprachlich und kulturell – für erfolgreiche Kommunikation unerlässlich ist. Demnach müssen Kommunikationspartnerinnen nicht nur über ein gemeinsames Zeichenrepertoire (Sprache) verfügen sondern auch ein Minimum an gemeinsamen Konzepten und Einstellungen vorweisen können.

Johnson (1988) stellt in diesem Zusammenhang Rumelharts Beobachtung "Linguistic inputs are designed to fit into a general framework and are dependent upon that framework to make sense" , der (nach Johnson) mehr postrukturalistischen Einstellung Winograds gegenüber: "There is no self-contained set of *primitives* from which everything else can be defined. Definitions are circular, with the meaning of each concept depending on the other concepts" (zitiert in M. L. Johnson, 1988, Seite 113). Die *frameworks* und *concepts* stellen eine für die Informatik und auch informatische Computerlinguistik typische Begriffswahl dar, denn anhand von bestimmten Strukturen oder Rahmenbedingungen ließe sich eine Umsetzung natürlicher Sprache in formale Binärcodes realisieren.

Hierzu zählen in der Mensch-Computer Interaktion auch die so genannten *restricted dialogue systems*, deren Lexikon auf eine bestimmte Domäne eingeschränkt ist. In der Tat ist die Entwicklung und erfolgreiche Anwendung von nicht-restringierten Dialogsystemen immer noch ein Desiderat in der Computerlinguistik und Informatik. Nicht-restringiert hieße, dass das Dialogsystem keine Domänen-Eingrenzung beinhalten würde (oder reversibel argumentiert über ei-

ne große Anzahl an anwendbaren Domänen verfügte) und darüber hinaus nicht auf einzelne Personen, welche mit dem System arbeiteten, eingeschränkt wäre¹⁰.

Dichotomie der Mensch-Roboter und Mensch-Maschine Interaktion

Mensch-Roboter Lebensformen zeichnen sich durch Heterogenität wie auch Homogenität aus. Der Mensch selbst unterscheidet seine Lebensformen genau, wie beispielsweise in Berufsleben und Freizeit oder in unverheiratet und verheiratet. Die Homogenität dagegen entsteht durch unser Leben in einer Gesellschaft, was die Entwicklung von Robotern und/oder Maschinen, die auf gesellschaftlicher (privat und beruflich) Ebene akzeptiert werden sollen, ebenfalls erleichtert wie auch erschwert. Das Leben in einer Gesellschaft ist von Regeln, Normen und einem einheitlichen Sprachrepertoire (auf einer Metaebene) gekennzeichnet. Dies ist als positiv für die Entwicklung von Robotern zu bewerten, da sie sich offensichtlich nicht in einem 'fuzzy' Bereich bewegen müssen. Gleichfalls obstruiert es die Entwicklung, da die bestehenden Regeln einer Gesellschaft die Akzeptanz neuer Lebensformen oder besser differenzierender Interaktionsformen nicht vorsieht. Nicht umsonst hat die Einführung von maschineller Massenproduktion mit „Industrieller Revolution“ einen eigenen Namen erhalten oder auch die „Informationsrevolution“, welche 1834 mit der Erfindung des Telegraphen begann und heute meist auf die Einführung des TCP/IP Protokolls bezogen wird.

Was nun unterscheidet Roboter von Maschinen, oder auf einer Metaebene gefragt, Mensch-Roboter Interaktion von dem Gebiet der Mensch-Maschine Interaktion? Ein grundlegender Unterschied ist der Dependenzfaktor. Maschinen ersetzen zwar Menschen bei der Arbeit und werden in Zukunft auch weiterhin Arbeitsplätze von Menschen einnehmen, doch handelt es sich immer um eine asymmetrische Machtverteilung, bei welcher der Mensch die eindeutige Machtposition behält. Maschinen müssen von Menschenhand angeschaltet und gesteuert werden, sie können dies nicht alleine tun,¹¹ ganz im Gegensatz zu Robotern oder auch autonomen Agenten. Bei Robotern steht die Autonomie im Vordergrund,

¹⁰Gerade in der synthetischen Spracherkennung ist es unumgänglich, das entsprechende System mit der eigenen Stimme zu trainieren, so dass dieses eine möglichst hohe Erkennungsrate erzielen kann.

¹¹Das Halteproblem der Turingmaschine kann an dieser Stelle ein mathematisch-logisches Argument genannt werden.

oftmals auch ihre Bewegungskompetenzen, welche gleichzeitig ein erweitertes Potenzial (Kompetenz) an Umgebungswahrnehmung impliziert.

Dabei soll das Fachgebiet der Mensch-Maschine Interaktion oder Mensch-Maschine Systeme von der Mensch-Roboter Interaktion keinesfalls abgegrenzt und auf „einfache“ Maschinen eingeschränkt werden. Im Gegenteil: Mensch-Maschine Systeme zeichnen sich durch eine hohe Vielfalt aus; sie reichen von Fahrzeugen, Kommunikationssystemen bis zu fertigungstechnischen Anlagen, Robotern oder medizinischen Apparaten (Johannsen, 1993). Doch hat hier die Entwicklung eigenständig arbeitender Maschinen, die keine routinierten Aufgaben verrichten sondern sich gegebenenfalls autonom und eigenverantwortlich ihre Beschäftigung „suchen“ (beispielsweise in einer Lagerhalle), noch keinen (vorrangigen) Durchbruch in der Forschung gefunden. Im Vordergrund der Mensch-Maschine Systeme steht das Ziel der jeweiligen Aufgabe, das durch die Wechselwirkung zwischen Mensch und Maschine unter den Aspekten Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit sowie Beherrschbarkeit, Arbeitszufriedenheit und Sozialverträglichkeit (Johannsen, 1993, Seite 2) erfüllt werden muss und soll.

Daher soll in dieser Arbeit lediglich an einzelnen Stellen das Gebiet der Mensch-Maschine Systeme erörtert werden. Eine ausführliche Integration und Besprechung würde den Rahmen dieser Untersuchung sprengen. Stattdessen wird im Folgenden das Gebiet der Mensch-Computer Interaktion detaillierter diskutiert und versuchsweise von der Mensch-Roboter Interaktion abgegrenzt.

1.6.2 Computer vs. Roboter

Unter dem Dachbegriff der Mensch-Maschine Kommunikation hebt Hausser (2000) die Fähigkeit des Roboters zur Wahrnehmung der Umgebung und die Bewegungsfähigkeit in dieser als Hauptunterscheidungsmerkmal zu Computern hervor. Ferner kategorisiert er beide Automatenarten in die zwei Grundströme der KI-Forschung: Standardcomputer in die „Klassische KI“ (*classic AI*) und Robotertechnologie in die „Neue KI“ (*nouvelle AI*).

Der Computer stellt somit die Tradition der formal-sprachlichen Symbolmanipulation dar, welche auf einem System basiert, das eine globale interne Darstellung der Umwelt aufbaut und dieses Modell konstant aktualisiert. Der Roboter

(bei Hausser handelt es sich lediglich um die Sparte der autonomen Roboter) handelt in der Tradition der *autonomous agents*, welche als Ziel die erfolgreiche Interaktion mit der Umwelt haben. Der Aspekt der Manipulation der Umwelt ist hier sicherlich nicht ausgeschlossen, parallel zum Aspekt der Anpassungsfähigkeit des Roboters an Umweltveränderungen (Hausser, 2000).

Als dritten Typus der Mensch-Maschine Kommunikation zählt Hausser Systeme der virtuellen Realität auf. Deren Zielsetzung ist es, für den Menschen möglichst realistische Umwelten künstlich zu erzeugen. Die Einteilung nach den Kommunikationskanälen der drei Typen sieht Hausser wie folgt vor:

Bei einem Standardcomputer ist der Kommunikationskanal ganz auf die sprachbasierte Interaktion mit dem Benutzer beschränkt. Ein Roboter kommuniziert dagegen selbständig mit der Welt. VR-Systeme kommunizieren nicht mit der Welt, sondern stellen ihrerseits eine künstliche, vom Programmierer geschaffene Umwelt für den Benutzer dar. Bei Robotern und VR-Systemen ist eine sprachliche Interaktion mit einem Benutzer im Prinzip optional und findet sich nur bei höher entwickelten Systemen. (Hausser, 2000, Seite 17)

Das Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion unterscheidet sich grundsätzlich von der Mensch-Computer Interaktion in dem Ausgangspunkt, dass ersteres das Zusammenspiel von Mensch und Roboter untersucht, während die Mensch-Computer Interaktion die Nutzung von Computern durch Menschen analysiert (Scholtz, Antonishek, & Young, 2004). Dabei kann der Computer direkt als Organon für den Menschen stehen oder auch als Medium in der CSCW.

Im Unterschied zu Mensch-Computer Interaktionen kann der Mensch unterschiedliche Rollen beim Interagieren mit dem gleichen Roboter einnehmen und kann ebenso mit einer Vielzahl an heterogenen Robotern zur gleichen Zeit arbeiten. Dieses Phänomen schreibt man auch dem Computer zu, beispielsweise anhand der Möglichkeiten der multiplen Personen- oder Charakterwahl in Online-Computerspielen. Auch ist es möglich, mehrere Computer gleichzeitig fernzusteuern oder verschiedene Betriebssysteme auf demselben Computer zu emulieren (zum Beispiel kann auf einem Windows-Computer auch das Betriebssystem Linux emuliert werden und umgekehrt), doch ist Heterogenität hier nur beschränkt vorhanden. Die unterschiedlichen Systeme oder Computer müssen bis zu einem gewissen Grad einander angeglichen werden, es muss so-

zusagen eine gemeinsame Kommunikationsplattform aufgebaut werden, wobei die so genannten "Virtual Machine" Software Produkte, welche man für die Fremdbetriebssystem-Emulation benötigt, sehr fehleranfällig sind und nur mit stark eingeschränkten Kompetenzen arbeiten.

Die Stärke von heterogenen Roboter-Gruppen, die durch einen Menschen gesteuert werden, liegt jedoch gerade darin, dass damit die notwendigen Kapazitäten und technischen Kompetenzen des einzelnen Roboters verringert werden können, um so eine flexiblere Reaktions- und Arbeitsweise erzielen zu können (vgl. u. a. Brooks, 2002). Darüber hinaus besteht ein weiterer Vorteil in der Entwicklung und Anwendung von autonomen Robotern, die Aufgaben selbstständig erledigen können, dabei ihre Kompetenzen dynamisch erweitern und sich schließlich ihrer Umgebung anpassen können (während die Umgebungsanpassung bei Computern nur mit aufwändigen Programmerroutinen durchgeführt werden kann und grundsätzlich auf der Software-Ebene anzusiedeln ist).

1.7 Taxonomie der Mensch-Roboter Interaktion

Obwohl im vorhergehenden Abschnitt eine Reihe von Diskrepanzen und grundsätzlichen Differenzen zwischen Computer und Roboter diskutiert wurden, bietet sich wiederum für eine Taxonomie der Mensch-Roboter Interaktion die Anlehnung an die Mensch-Computer Interaktion an. Dies geschieht unter Bezug auf bereits bestehende Kategorisierungen oder Zusammenfassungen von menschlicher Interaktion mit intelligenten Systemen.

Mit der Erweiterung des Begriffs Robotik auf „Intelligente Systeme“ steigert sich das Spektrum der Möglichkeiten für eine Taxonomie der Mensch-Roboter Interaktion erheblich, was für die vorliegende Arbeit von Interesse ist. Roboter werden dadurch nicht auf physisch greifbare, abgeschlossene Einheiten reduziert sondern können auch als virtuelle Agenten interpretiert werden, mit denen der Mensch per Computer oder durch andere technologische Geräte arbeiten und kommunizieren kann. Darüber hinaus ist eine Taxonomie unter Berücksichtigung bereits bestehender Arbeiten von Belang, da sie einen direkten Rückschluss auf die Implementierung kommunikativer sowie linguistischer Paradigmen zulässt.

Robotics Applications
Object manipulation
Manufacturing/material handling
Micro machining/handling
Power amplification
Tele-robotics
Robot teaching
Multi-robot systems
Service robots
Mobile robots
Subsea robots
Space robots
Planetary robots

Tabelle 1.1: Subkategorien Roboterapplikationen (Agah, 2001, Seite 77)

Agah (2001) beschreibt eine allgemeine Taxonomie für menschliche Interaktionen mit intelligenten Systemen und differenziert insgesamt fünf Hauptkategorien: *Application*, *research approach*, *system autonomy*, *interaction distance* und *interaction media* (Seite 72). Die Robotik wird dabei in die Kategorie *application* eingeordnet, neben weiteren Systembereichen wie Computer, Unterhaltung (*entertainment*) oder Medizin. Agah geht davon aus, dass Forschungen auf dem Gebiet der Mensch-System Interaktionen (*human-system interactions*) direkt mit der Robotik verbunden sind und gibt eine Unterteilung von Roboter-Awendungen, die an Mensch-System Interaktionskategorien (siehe Tabelle 1.1) angelehnt ist.

Yanco und Drury (2002) argumentieren, dass Agah nicht oder gegebenenfalls nur unzureichend auf Design und Implementierung der Benutzerinnen-Schnittstelle eingeht: "Input and output devices are important and must be selected for the end users, but it is much more important to consider how the system provides decision support in the interface by presenting relevant information" (Seite 2).

Die Tatsache, dass die Schnittstelle zwischen Mensch und Roboter multiple Formen annehmen kann, während bei der Mensch-Computer Interaktion zumindest ein statischer Rahmen (der Bildschirm oder diverse Eingabegeräte wie Maus oder Stift) gegeben ist, bestätigt Yancos und Drurys Argument. Tatsächlich stellt

die Frage nach der Schnittstelle einen deutlichen Bruch zur Mensch-Computer Interaktion dar, worauf in Kapitel 2 noch näher eingegangen wird.

Scholtz (2003) leitet eine Robotik-Taxonomie direkt von der Mensch-Computer Interaktion ab und stellt vier Bereiche oder Dimensionen fest, in welchen sich Mensch-Roboter Interaktionen von Mensch-Computer Interaktionen unterscheiden:

1. Die unterschiedlichen Ebenen der menschlichen Interaktion (oder Interaktionsmodalitäten).
2. Die Notwendigkeit der Interaktion mit der Umgebung für mobile Roboter.
3. Die den Robotern inhärente Eigenschaft (oder das Charakteristikum) der Entwicklung von Hardware-Problemen.
4. Die Umgebung, in der Interaktionen stattfinden.

Diese Taxonomie ist primär deskriptiv und nicht typisierend, wobei sich die Einteilung oder Kategorisierung indirekt durch Bezug auf die bestehenden Kategorien im Bereich der Mensch-Computer Interaktion definiert. Dieser Modus Operandi ist insofern interessant, als er von einer behavioristischen- oder ein-satzgesteuerten, traditionellen Klassifizierung von Robotern absieht. Das heißt, dass die Frage nach Zweck oder Bestimmung des Roboters in den Hintergrund tritt (z. B. Industrieroboter im Vergleich zu Unterhaltungsrobotern wie der Roboterhund AIBO). Darüber hinaus bietet er einen wichtigen Ansatzpunkt für die am Anfang dieses Kapitels aufgestellten erweiterten Definitionen von Robotern, insbesondere in Bezug auf Roboter-Prothesen im weiteren Sinne oder auch virtuelle Roboter wie Chatbots, Softbots oder Avatare.

In "Towards A Framework for Human-Robot Interaction" geht Thrun (2004) den klassischen Weg und stellt eine Mensch-Roboter Interaktionstaxonomie anhand der von 2002 stammenden Robotik-Analyse der Vereinten Nationen auf. In dieser wird von drei Hauptarten von Robotik ausgegangen: industrielle Robotik, Professionelle Service-Robotik und Persönliche Service-Robotik (U.N. & I.F.R.R., 2002). Anhand dieser Hauptarten stellt Thrun einen epistemologischen Rahmen für die Mensch-Robotik Interaktion auf und verbindet jede der drei Arten mit einem historischen wie auch paradigmatischen Hintergrund.

The primary purpose of this article is to provide a comprehensive description of past and present-day robotics. It identifies the major epochs of robotic technology and systems—from industrial to service robotics—and characterizes the different styles of human robot interaction paradigmatic for each epoch. (Thrun, 2004, Seite 2)

1.7.1 Industrielle Robotik

Industrielle Roboter waren die ersten Roboter, die beachtliche kommerzielle Erfolge und Marktanteile erzielten und heute am weitesten verbreitet sind. Sie werden von wichtigen Lobbies aus Politik und Wirtschaft, wie der *International Federation of Robotics* (IFR) unterstützt und zeichnen sich durch drei Hauptcharakteristika aus (Thrun, 2004, Seite 5):

- Industrieroboter manipulieren oder verändern ihre physische Umgebung (Umwelt).
- Industrieroboter agieren computergesteuert.
- Industrieroboter operieren im industriellen Umfeld wie beispielsweise am Laufband in der Automobilfertigung.

Die Ära der Industriellen Roboter begann in den frühen 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts mit dem ersten kommerziellen Automaten, welcher von der Firma Unimate verkauft wurde. Nissan war in den 70er Jahren der erste Konzern, der ein gesamtes Produktionsfließband ausschließlich mit Robotern besetzte. Heute kommen auf rund zehn menschliche Arbeitskräfte in der Industrie ein Roboter (U.N. & I.F.R.R., 2002). Die Markt- und Absatzprognosen für Industrieroboter sind äußerst vielversprechend und so wird bis 2005 eine durchschnittliche Steigerung von bis zu 25 Prozent erwartet.

Anhand dieser Zahlen lässt sich bereits annähernd die Motivation für den Industrierobotereinsatz und -bau ableiten. Ganz im Gegensatz zu Service-Robotern wie den Unterhaltungs- und Informationsrobotern ist sie auf rein ökonomische Gründe zurück zu führen. Hierzu zählen u. a. die Erhöhung der Produktivität, Reduzierung von Kosten, Flexibilität, Überwindung eines Mangels an Fachkräften und die Optimierung der Produktqualität (Wloka, 1992).

1.7.2 Professionelle Service-Robotik

Entwicklung und Einsatz von professionellen Service-Robotern verzeichnen erst seit einigen Jahren überzeugende Zahlen und schreiten nun rasant schnell voran. Sie ähneln insofern sehr den Industrierobotern, als dass auch sie ihre Umwelt manipulieren und sich in ihr bewegen können. Professionelle Service-Roboter werden nach der Thrun'schen Taxonomie in der Atommüllbeseitigung, Bomben- und Minenentschärfung, in der Krankenpflege oder in der Operationsassistenz eingesetzt.

Somit besteht einer der Hauptunterschiede zum Industrieroboter darin, dass Professionelle Service-Roboter dem Menschen meist direkt assistieren und selten Aufgaben völlig autonom und vom Menschen losgelöst verrichten, wie beispielsweise Industrieroboter an einem Fertigungsfließband. Die Distanzverringern von Mensch zu Roboter geht mittlerweile bis hin zu so genannten intelligenten Micro-Robotern, welche direkt im menschlichen Körper Krankheiten früh erkennen und bekämpfen sollen (Benenson, Gil, Ben-Dor, Adar, & Shapiro, 2004). Ein anderes Beispiel sind die so genannten *brain-machine* Schnittstellen, die Gehirnströme per implantiertem Chip in binäre Signale übersetzen und so die Steuerung von Maschinen bis hin zum Schreiben von einfachen Texten erlauben (vgl. Birbaumer et al., 2003, 1999; Nicoletti, 2003).

Nach der Studie der Vereinten Nationen und der *International Federation of Robotics* werden 27 Prozent aller Professionellen Service-Roboter unter Wasser eingesetzt, 20 Prozent im Abrissumfeld, 15 Prozent im medizinischen Bereich und sechs Prozent im Landbau. Militärische Einsatzbereiche wie Bombenentschärfung oder Unterstützung von Spezialtruppeneinheiten (z. B. SWAT Teams) sind von steigendem Interesse. So ist es nicht erstaunlich, dass diesem Robotik-Bereich bis 2005 eine Steigerung von 100 Prozent zugeschrieben wird (2002).

1.7.3 Persönliche Service-Robotik

Die mit Abstand höchste Wachstumsrate wird den Persönlichen Service-Robotern zugerechnet: Von 2001 bis 2005 soll deren Einsatz um 1145 Prozent gestiegen sein. Diese Art der Service-Roboter definiert sich als persönliche Assistentin für den Menschen, Beispiele reichen von Staubsaugern, Rasenmähern,

Empfangsassistentinnen, Robotern für ältere oder behinderte Menschen und Rollstühlen bis hin zu Spielzeug.

Übereinstimmend für alle Arten von Persönlichen Service-Robotern sind im wesentlichen zwei Punkte: Zum einen müssen diese Roboter in stark heterogenen Umgebungen agieren. Dies bezieht sich auf die Umwelt per se und deren Beschaffenheit sowie auf die Interaktionspartnerinnen, welche entweder berufliche oder fachliche Expertinnen im Umgang mit Robotern sein können oder absolute Laien. Zum anderen konstituiert sich diese Roboterart durch ihre physische Parallelität zum Menschen – beide teilen sich in der Regel eine Umwelt oder Umgebung.

The widely acknowledged shift from industrial to service robotics, and the resulting increase of robots that operate in close proximity to people, raises a number of research and design challenges. [...] From the HRI perspective, the most important characteristic of these new target domains is that service robots share physical spaces with people. In some applications, these people will be professionals that may be trained to operate robots. In others, they may be children, elderly, or handicapped people whose ability to adapt to robotic technology may be limited. (Thrun, 2004, Seite 8)

1.8 Zusammenfassung und Perspektiven

Der universelle Charakter des Gebietes der Mensch-Roboter Interaktion begründet sich im Wesentlichen durch die Vielfalt der Roboterarten per se und ihrer Einsatzbereiche sowie durch die Heterogenität der beeinflussenden Fachdisziplinen, die von rein naturwissenschaftlichen, informatischen bis hin zu geisteswissenschaftlichen Fächern reichen.

Die Tatsache, dass sich die Mehrzahl der Veröffentlichungen in der Mensch-Roboter Interaktion auf konkrete Fallbeispiele beziehen, folglich ein Desiderat von allgemein einführenden und definitorischen Werken für dieses Gebiet festgestellt werden muss, spiegelt sich in diesem Kapitel wider. Daher wurde hier die Einführung in die Mensch-Roboter Interaktion vorgenommen anhand (a) einer begrifflichen Diskussion parallel zu einer für diese Arbeit entworfenen Roboter-Taxonomie, (b) einer fachlichen Einordnung sowie Reflektion auf die Haupteinflussgebiete, (c) einer Zusammenfassung der methodologischen und paradigm-

matischen Ansätze und (d) einer Diskussion der unterschiedlichen Taxonomie-Versuche für die Mensch-Roboter Interaktion.

Dabei konnte durch die Diskussion der unterschiedlichen Taxonomien bereits herausgearbeitet werden, dass sich für diese Automatenart ein holistischer Ansatz anbietet, um so den wichtigsten Merkmalen wie Autonomie oder physische Erscheinung besser Rechnung zu tragen. Konkret wird somit dem Roboter seine singuläre Betrachtung als Werkzeug des Menschen (im Kontrast zum Computer und der Mensch-Computer Interaktion) entzogen und der Betrachtungshorizont eminent erweitert durch die Diskussion des Roboters „mit“ und „in“ seiner Umwelt, in Bezug auf die unterschiedlichen Manipulationsperspektiven (passiv-aktiv) und in der ‚sozialen‘ Interaktion mit dem Menschen.

Im Verlauf dieses Kapitels wurde bereits auf eine gewisse sprachwissenschaftliche Zwanglosigkeit bezüglich der Anwendung von Termini wie „Kommunikation“ und „Interaktion“ hingewiesen. Im Folgenden soll anhand einer Diskussion der Mensch-Roboter Kommunikation hierauf detaillierter eingegangen werden. Dies wird eine weitere Grundlage für den automatenphilologischen Anwendungshorizont dieser Arbeit darstellen.

2 Mensch-Roboter Kommunikation

Mensch-Roboter Kommunikation konstituiert sich aus der Dichotomie natürlicher Sprache und formaler Binärismen bzw. künstlicher Sprache. Dabei soll der Begriff „Sprache“ an dieser Stelle auf einer breiteren Ebene diskutiert werden und die Interaktion zwischen Mensch und Automat und die damit potenziell unterschiedlichen Formen von Kommunikation integrieren: Textbasiert – graphisch, verbal – non-verbal, direkt – indirekt, synchron – asynchron.

Für eine erste Einführung und Diskussion dieses Gebiets werden Modelle aus der Linguistik und Computerlinguistik, die sich von Sprachlogik bis zu sprachphilosophischen oder auch konstruktivistischen Ansätzen befassen, nur marginal angeschnitten und der Fokus auf rezente Forschungsansätze aus Roboterentwicklung und Mensch-Maschine Kommunikation gerichtet. Aus diesem Grund wird nicht direkt auf die häufig schwammige und aus linguistischer Perspektive nicht adäquate Nutzung der Begriffe Kommunikation oder Dialog seitens Computerwissenschaftlerinnen oder Ingenieurinnen eingegangen. Eine Vertiefung der semantischen Hintergründe würde an dieser Stelle die Komplexität überproportional steigern.

Analog zu diesem Vorgehen wird der Rahmen der Mensch-Roboter Kommunikation in diesem Kapitel auf die Bereiche Schnittstellen-Design und Diskurs-Design bzw. Modalität der Kommunikation festgelegt. Das Design der Mensch-Roboter Schnittstelle ist nach Adams (2002) insofern wichtig, als es die Handlungsmuster der Nutzerin sowie den gesamten Kontext bzw. die Art und Weise der Interaktion beeinflusst:

The design of the human-robot interface can directly affect the operator's ability and desire to complete a task. The design also affects the operator's ability to understand the current situation, make decisions, as well as supervise and provide high level commands to the robotic system. (J. A. Adams, 2002, Seite 4)

2.1 Schnittstellen-Design

Erkenntnisse aus dem Gebiet der Mensch-Maschine Kommunikation lassen sich auch hier als Teil der Diskussionsplattform nutzen. Neben dem grundlegenden Werk "Understanding Computers and Cognition" (Winograd & Flores, 1986) diskutieren Reeves und Nass (1996) die Ergebnisse einer rezenteren Untersuchung von einer psychologischen Perspektive. Hierbei handelt es sich um die unterschiedlichen Akzeptanz-Modi und behavioristischen Muster der Menschen gegenüber Maschinen oder Computern und die hier vorhandenen Intentionen. Die "CASA"-Theorie ("*Computers As Social Actors*") impliziert, dass der Mensch den Computer instinktiv als „soziale“ Interaktionspartnerin akzeptiert und somit die grundlegenden Handlungskompetenzen einer sozialen zwischenmenschlichen Interaktion (z. B. Höflichkeit) bei diesem ebenso anwendet. Donald Norman (Norman, 1988, 1999) dagegen postuliert einen nutzerinnenzentrierten Ansatz, welcher davon ausgeht, dass es der Nutzerin möglich sein muss, jegliches Gerät (vom Computer bis hin zum Telefon oder der Waschmaschine) spontan und deduktiv aufgrund seiner äußeren Beschaffenheit bedienen zu können, ohne die Hilfe textbasierter Subsidia wie Handbücher oder Bedienungsanleitungen in Anspruch nehmen zu müssen.

Interessant an der Mensch-Roboter Kommunikation und insbesondere dem Schnittstellen-Design ist, dass sie ein Konglomerat von nutzerinnenzentrierter Methodologie und roboterzentrierten Bedarfen darstellt. Eine rein unidirektionale Anpassung – der Roboter passt sich dem Menschen an – ist nicht möglich. Einer der Hauptgründe dieser komplexisierenden Ausgangssituation liegt in der Autonomie des Roboters. Dabei muss nicht notwendiger Weise vom „Ideal-Roboter“ ausgegangen werden, der vollkommen selbstbestimmt agiert und interagiert. Autonomie wird konkret im weitesten Sinne auf die Kompetenz der Mobilität bezogen, was ebenso auf fest-montierte Industrieroboter zutrifft. Roboter (Automaten) sind grundsätzlich in einem oder mehreren Punkten beweglich, so dass ein Aspekt der Autonomie immer vorhanden ist.

2.2 Schnittstellen in der Mensch-Computer Interaktion

Die Diskussion um eine potenziell optimierte Mensch-System Interaktion durch die visuelle Angleichung des künstlichen Systems an den Menschen findet sich nicht nur in der Mensch-Roboter Interaktion sondern auch in der Mensch-Computer Interaktion. Bei letzterer handelt es sich um die Intention, die Schnittstelle zwischen Mensch und Computer zu vermenschlichen, wobei unterschiedliche Konzepte angewandt werden: Auf der einen Seite sollen die Schnittstellen durch die Anthropomorphisierung humanistischer werden im Sinne einer einfachen und bequemen Nutzung (vgl. Laurel, 1990; Shneiderman, 1987). Auf der anderen Seite handelt es sich um die Adaption von menschlichen Fähigkeiten wie Spracherkennung oder soziale Intelligenz (Sproull, Subramani, Kiesler, Walker, & Waters, 1996).

Die konstitutive Motivation bezüglich der anthropomorphisierten Schnittstelle begründet sich in Erkenntnissen aus der Forschung mit Neugeborenen in ihrer Reaktion auf Gesichter sowie sozio-psychologischen Untersuchungen mit Erwachsenen und deren unterschiedliche Reaktionen auf maskierte und unmaskierte Gesichter. Ferner bezieht man sich logisch-deduktiv auf wirtschaftswissenschaftliche Analysen in der Marketingforschung, welche die positive Rezeption von ästhetischen Gesichtern belegen (Sproull et al., 1996). So wird auch in der rezenten Forschung und Entwicklung von virtuellen Robotern (Avatare und Softbots) dem Gesicht per se und der Mimik ein hohes Potenzial an kommunikativer Tragfähigkeit zugeschrieben (Cassell, 2000; Nass & Gong, 2000; Nass et al., 2000).

Dass aus technologischer Sicht die Vermenschlichung der Schnittstelle nicht trivial ist, zeigt die noch langsame Entwicklung von oft nur als Prototyp angewandten holistischen Systemen, die neben anpassungsfähigen 3D-Gesichtern auch Spracherkennung beherrschen und nicht auf Texteingabe oder so genannten Wizard-of-Oz Szenarien basieren. Dennoch verspricht man sich überzeugende Vorteile von der Weiterentwicklung und Implementierung dieser Systeme:

- Persistente Nutzerinneninvolvierung: Anders als bei einer textbasierten Interaktion verhalten sich Nutzerinnen zögernd bezüglich des Interaktionsab-

bruchs wenn diese über eine menschliche Schnittstelle stattfindet. Darüber hinaus zeigen Nutzerinnen eine höhere Ausdauer bezüglich Aufmerksamkeit und Interaktionsmotivation.

- Qualitative Nutzerinneninvolvierung: Die Interaktion findet auf einem qualitativ höherem Level statt als bei einer textbasierten Interaktion. Eine Studie von Walker, Sproull und Subramani belegt, dass Nutzerinnen in der Bearbeitung von Fragebögen weniger Fehler machen und gleichzeitig ausführlicher und gewissenhafter antworten, wenn ihnen die Fragen über eine menschliche Schnittstelle per Computer gestellt wurden (J. Walker, Sproull, & Subramani, 1994).
- Optimierte Reaktionssteuerung: Anhand eines menschlichen Gesichts als Schnittstelle kann die Reaktion der Nutzerinnen auf der Basis von ethnologischen und soziologischen Erkenntnissen über soziale Verhaltensweisen konkret einkalkuliert werden. Darüber hinaus verspricht diese Form der Schnittstelle dem Ziel einer ‚sozialen‘ und damit optimierten Interaktion näher zu kommen: “Previous research on physical appearance suggests that appearance elicits social perceptions related to personality and emotions, which in turn affect social behavior” (Sproull et al., 1996, Seite 100).

Grundsätzlich ist jedoch zu hinterfragen, ob oder inwiefern die Schnittstellen in der Mensch-Computer Forschung mit denen auf dem Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion vergleichbar sind. Winograd äußerte in einem Interview die Ansicht:

The name *human-computer interaction* is in some ways a misnomer because it focuses on the fact that you have a person using a computer. The fact that the person is trying to do something means it's really *human-work interaction* with the computer as an intermediary. So I think for me the focus isn't on interacting with the computer, but interacting *through* the computer. (Preece et al., 1994, Seite 53)

Damit wird der Computer aus einer abweichenden Perspektive thematisiert, welche direkt mit den Protektionsrobotern und Roboter-Prothesen zu vergleichen ist.

Die Aussage Winograds verweist auf die Diskussion um die Metapher des Computers als Werkzeug. Schelhowe (1997) sieht die Metapher vom Werkzeug Computer als einen zentralen Begriff einer sozialverträglichen Technikgestaltung, der sich in den 1980er und 1990er Jahren zum Thema „Informatik und Gesellschaft“ zuspitzte.¹

Die Analogie vom Werkzeug Computer zum Bereich der ubiquitären Computer soll an dieser Stelle abschließend noch in Bezug auf eine mögliche Metapher vom Werkzeug Roboter herangezogen werden. Das Gebiet des *ubiquitous computing* weicht die Definition des Computers als physisches Objekt (der Maschine per se) auf und integriert den Computer – id est das durch Rechner unterstützte Arbeiten und Leben – in die Umwelt des Menschen. Im Idealfall wird der Computer als tangibles Objekt (Rechner und Monitor) aufgelöst, indem dessen Eigenschaften als Werkzeug übertragen werden auf andere, dem Menschen bekannte Werkzeuge wie beispielsweise einen Notizblock, einen Kühlschrank oder eine Wand. All diese Objekte des täglichen Lebens werden anhand eines Computerchips zu einem „intelligenten“ Werkzeug aufgewertet, um so in einer natürlichen Symbiose mit dem Menschen interagieren zu können.²

Wagner (2002) behandelt das Gebiet der Mensch-Computer Interaktion von einer sprachwissenschaftlichen Perspektive aus und stellt fest, dass trotz dessen interdisziplinären Charakters sprachwissenschaftliche Aspekte bisher keinen eigenständigen Schwerpunkt bildeten. Meist gehen Forschungsansätze aus dem *usability engineering* hervor.

Die Vorstellungen von erfolgreichem Design wurden sehr lange ausschließlich von einer ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten Forschung zu Mensch-Computer-Interaktion geprägt, die selbst in hohem Maße von den sich entwickelnden *cognitive sciences* beeinflusst war. (Wagner, 2002, Seite 13)

¹Für eine breitere Diskussion der Computer-Werkzeug Metapher siehe Jakob (Jakob, 1991) oder Wallmannsberger (Wallmannsberger, 1997a).

²Einer der Vordenker zur Mensch-Computer Symbiose ist Joseph Licklider, der bereits Anfang der 1960er Jahre mit dem Aufsatz „Man-Computer Symbiosis“ (1960) eine Vision entwickelte, welche später zum Aufbau des Internet führte.

Hierbei stellen Effizienz, Geschwindigkeit und messbare Resultate generell das Hauptmerkmal einer optimalen Mensch-Computer Interaktion dar. Wagner fasst folgende Maximen zusammen:

- Eine maximale Geschwindigkeit der Bedienabläufe durch Routinen und *shortcuts* (z. B. Tastenkombinationen);
- eine möglichst minimale Einarbeitungs- und Lernzeit;
- die Eliminierung von Bedienfeldern der Benutzerinnen, welche ausschließlich als Zeitverschwendung (nicht aber als heuristisches Lernprinzip) betrachtet wurde;
- eine möglichst umfassende Funktionalität der Software (2002, Seite 14).

Vorherrschend ist und war die so genannte GOMS-Methode, eine meta-pragmatische Herangehensweise, welche die unterschiedlichen kognitiven Schritte der Nutzerinnen während einer Aufgabenerfüllung mit und am Computer betont. Das Akronym setzt sich aus *goals*, *operators*, *methods* und *selection rules* zusammen. Dabei bezeichnen die *goals* die Ziele, welche die Nutzerin erreichen will oder muss, während die *operators* die einzelnen Ausführungen oder Tätigkeiten der Nutzerin, wie beispielsweise den Doppelklick auf ein bestimmtes Ikon, beschreiben. Die Bezeichnung *methods* umfasst auf einer Meta-Ebene die konkreten Prozeduren, die für die Aufgabenerfüllung oder Zielerreichung angewandt werden. Die *selection rules* beschreiben schließlich die methodischen Entscheidungsmechanismen oder Modelle, die darlegen, welche *methods* wann und unter welchen Umständen anzuwenden sind (Wagner, 2002).

Dabei ist auffallend, dass das GOMS Design-Paradigma fast ausschließlich von einem *top-down* Ansatz geprägt ist. Designs werden von Programmiererinnen nach dem Aspekt des Programmziels (welche Aufgaben soll das Programm bewältigen können) entworfen und höchstens von weiteren Expertinnen, beispielsweise aus dem Gebiet des *usability engineering*, begutachtet. Eine *bottom-up* Strategie würde dagegen von einem nutzerinnenzentrierten Ansatz ausgehen. Generell ausgeblendet bleibt der soziale Kontext (vgl. Dittrich, Floyd, & Klischewski, 2002; Suchman, 1987). Dabei ist zu betonen, dass sich der soziale Kontext

sowohl auf Nutzerin als auch auf Entwicklerin bezieht, wobei von letzterer erwartet wird, sich in die Nutzerin hinein denken zu können. Dass dies für Entwicklerinnen faktisch unmöglich ist, kann unter anderem auch durch Ansätze der Diskurstheorie und Soziolinguistik unterstrichen werden. Nutzerin und Entwicklerin sind normalerweise durch fachsprachliche Parlandi und Traditionen getrennt. Ferner trennen beide Gruppen der grundlegende, erkenntnistheoretische Ansatz: Die Entwicklerin fragt, was das Programm leisten kann oder leisten können muss im Gegensatz zur Nutzerin, welche fragt, wie das Programm sie bei ihrer Arbeit unterstützen kann.

2.3 Schnittstellen-Arten

Die im Englischen vorhandenen Begriffe für „Schnittstelle“ unterscheiden oftmals genauer in ihrer semantischen Ausrichtung: *Human-computer interface* bildet die generelle Bezeichnung, *user-interface* dagegen ist stärker auf die Zielgruppen orientiert und *front-end* impliziert, dass noch ein bestimmtes *back-end* vorhanden sein muss, also eine weitere Form der Schnittstelle (in diesem Fall wäre dies die Schnittstelle zwischen Hard- und Software, welche für die Nutzerin nicht sichtbar wird) (vgl. Wagner, 2002).

Eine Analyse der unterschiedlichen Schnittstellen-Arten lässt schnell zu einem eigenen Ansatz der Mensch-Roboter Interaktion kommen. Während Wagner noch für die Mensch-Computer Interaktion zwischen zwei Hauptarten an Schnittstellen – der technischen Schnittstelle und der Benutzerinnenschnittstelle – unterscheidet, kann dies nicht ohne Weiteres für die Mensch-Roboter Interaktion übernommen werden. Der eigentliche Abgrenzungspunkt resultiert aus der Beschaffenheit des Roboters per se: seiner Mobilität und Autonomie. Daraus ergeben sich folgende Schnittstellenarten:

1. Technische Schnittstellen des Roboters: An Wagner angepasst handelt es sich hierbei um grundlegende Hardware-Schnittstellen, die so genannten technischen Verbindungspunkte (z. B. Prozessor und Hauptplatine). Darüber hinaus umfassen die technischen Schnittstellen noch die Hardware-Software-Schnittstellen, da die einzelnen Hardwarekomponenten auch mit der Software kommunizieren können müssen (z. B. muss das Software Be-

triebssystem das DVD-Laufwerk erkennen können)³. Eine letzte technische Schnittstelle ist die Software-Schnittstelle, welche die Kommunikation zwischen einzelnen Softwareanwendungen garantiert (z. B. die Verbindung von elektronischen Briefprogrammen – Email-Clients – mit einem Internet Programm, um von einer Email aus einen Internetlink öffnen zu können).

2. Mensch-Roboter Schnittstelle: Wagner versteht diese Schnittstelle (bei ihm respektive Mensch-Maschine Schnittstelle) als Einheit aller Komponenten, die einer Nutzerin zur Bedienung eines Gerätes zur Verfügung stehen. In der Robotik, insbesondere im Falle der autonomen Roboter, müssen diese nicht nur als komplementär zum oder potenziell-interaktiv mit dem Menschen, sondern auch als einzelne Akteurinnen betrachtet werden, die jeweils ihre eigenen Kommunikationsparameter mitbringen. In der industriellen Robotik wird diese Schnittstelle oft durch eine weitere „Instanz“ vermittelt, da Industrieroboter selten direkt sondern meistens per Computer ferngesteuert werden. Dies ergäbe eine notwendige Synthese von Mensch-Roboter sowie Mensch-Computer Paradigmen, wobei sich die Frage stellt, welche Richtung dominiert bzw. inwieweit die Erkenntnis, dass der Mensch einen Roboter steuert, in dessen Interaktion mit dem Computer einfließt.
3. Roboter-Raum Schnittstelle: Die dritte Schnittstellenart ist eine Modellerweiterung und umfasst die unterschiedlichen Sensoren oder generellen Fähigkeiten eines Roboters, sich und seine Umwelt, also den Raum, in welchem er sich bewegt, zu erfassen. Darüber hinaus ergibt sich diese Schnittstelle aus der grundlegenden Fähigkeit des Roboters, der sich – im Gegensatz zum Computer – bewegen kann, also mobil ist.
4. Inter-Roboter Schnittstelle: Die vierte Schnittstellen-Art kann als komplementär zum Wagner'schen Modell gesehen werden und unterscheidet sich von der technischen Schnittstelle insofern, als die erste Schnittstellenart in erster Linie selbstreferentiell ausgerichtet ist. Die Inter-Roboter Schnittstelle

³Hierzu finden sich interessante Probleme in der Linux Gemeinschaft, da traditionell die meisten Hardware Produzentinnen eng mit Microsoft, nicht aber mit alternativen Software-Herstellerinnen zusammen arbeiten. Aus diesem Grund kommt es trotz der rezenten rasanten Fortschritte in der Linux-Kernel Entwicklung vor, dass ein neu installiertes Linux Betriebssystem nicht alle Hardwarekomponenten fehlerlos erkennt und der Kernel an entsprechenden Stellen „nachgebessert“ werden muss.

dagegen bezieht sich auf die Kommunikation von Roboter zu Roboter wie beispielsweise in Roboter-Sozietäten oder Schwärmen, wenn also eine homogene Gruppe von Robotern gemeinsam eine Aufgabe erfüllt oder aber auch auf heterogene Robotergruppen, welche ergänzend interagieren müssen.

Der Begriff des „Raumes“ ist in der dritten Schnittstellenart weit gefasst und impliziert nicht ausschließlich die Tatsache, dass sich der Roboter in einem Raum bewegen kann, sondern beschreibt die gesamte physische Umgebung des agierenden Roboters. Hierzu zählen Umgebungsspezifika wie beispielsweise Raummaße (Höhe, Länge, Breite), Materialbeschaffenheit oder auch Hindernisse. Dazu gehören weitere Charakteristika wie Temperatur, Zeit und andere wechselnde Faktoren.

Die „Raum-Komponente“ sowie die damit verbundenen Faktoren können einerseits die Anforderungen an die technische Beschaffenheit des Roboters komplizieren (zum Beispiel Robotereinsätze bei Weltraumexpeditionen). Andererseits bieten sie ein wichtiges Fundament für die Entwicklung intelligenter und autonomer Automaten im Sinne von *artificial life*: Braitenberg (1986) nahm die Umgebung oder Umwelt des Roboters geschickt in seine Überlegungen mit auf und nutzte äußere Faktoren wie Licht oder Wärme, um in den „Künstlichen Wesen“ Emotionen zu simulieren (siehe Kapitel 1).

Die gesteigerte Komplexität der Schnittstellen durch den dritten und vierten Faktor ist offensichtlich und erfordert ihre nahtlose Kombination mit den ersten beiden Schnittstellenarten. Überschneidungen der letzten beiden Schnittstellen sind unvermeidlich; so kann ein zweiter Roboter entweder als Hindernis erkannt werden (dritte Schnittstellenart) oder aber als Kooperationspartnerin und somit die vierte Schnittstellenart berührt sein. Auf den ersten Blick erscheinen die kommunikativen Anforderungen bei der vierten Art höher als bei der dritten, muss doch bei letzterer der Roboter nicht notwendigerweise mit dem Roboter-Hindernis in einen Dialog eintreten, sondern dessen Koordinaten erfassen und verarbeiten. Heterogene wie auch homogene Robotergruppen dagegen sind von einem Dialog abhängig, heterogene Gruppen sind dazu oftmals der Herausforderung ausgesetzt, mit anderen Robotern eine gemeinsame Kommunikationsplattform und Sprache zu finden.

Betrachtet man die unterschiedlichen Schnittstellenarten als generelle Kommunikationskanäle, ergibt sich die Frage nach dem Paradigma der Kommunikationsdominanz. Bei multiplen Kommunikationskanälen – und hier wiederum bezüglich der einzelnen Schnittstellenarten weitere, inhärente multiple Kommunikationskanäle – ist zu untersuchen, ob diese in einer bestimmten Chronologie, Hierarchie oder per Fuzzy Logik kommunizieren. Eine gleichzeitige Kommunikation bzw. Kommunikationswahrnehmung, welche zu einem konstruktiven Dialog führt, ist nicht möglich. Daher müssen einige Schnittstellen als weniger dominant eingestuft oder programmiert werden als andere. Es gilt eine optimale Balance an kommunikativen *Input*- und *Output*signalen zu finden. Für diese Balance ist eine Analyse der unterschiedlichen Kommunikationsformen bzw. formalen wie natürlichen Sprachformen notwendig.

2.3.1 Technische Schnittstellen des Roboters

Bei den technischen Schnittstellen handelt es sich ausschließlich um binäre – also formale, dyadische – Sprach- und Kommunikationsformen. Für die Nutzerinnen sind diese formal-sprachlichen Dialoge meist nicht sichtbar, für Computer- oder Techniklaien wären sie zudem auch nicht verständlich. Die Nutzerinnen sind sich daher dieser Dialogstrukturen, welche oftmals intensive Rechenprozesse beinhalten, nicht bewusst. Das Bewusstsein kommt gegebenenfalls erst dann auf, wenn die Kommunikation zwischen den technischen Schnittstellen nicht fehlerfrei funktioniert.

2.3.2 Mensch-Roboter Schnittstelle

Die Mensch-Roboter Schnittstelle überschneidet sich in einigen Fällen mit den technischen Schnittstellen, meist in dem bereits im vorhergehenden Absatz geschilderten Fall – also hauptsächlich bei Fehlern oder Problemen während der Interaktion. Das fehlerfreie Interagieren oder die Funktion des Roboters können im weiteren Sinne sicherlich auch als Kommunikationsträger gesehen werden⁴. Ein Beispiel wäre die qualitative Verarbeitung des Automaten oder des

⁴In Bezug auf Computer werben Macintosh oder die Linux-Gemeinde ebenso mit der Verlässlichkeit ihrer Betriebssysteme, ein Faktor, welcher sich im Vergleich zum Microsoft Betriebssystem als Vorteil darstellen soll.

sen überdurchschnittliches Maß an Hightech. Doch diese Botschaft wird oftmals nicht wahrgenommen und ist gerade in den Bereichen der soziablen Roboter und Unterhaltungsroboter nur selten intendiert. Hier wird zur Optimierung der Akzeptanz und des Erfolgs im Großen und Ganzen gewünscht, dass die Mechanismen des Roboters nicht wahrgenommen werden, sondern dieser als sozial-kommunikatives Objekt, also über dessen Handlungsmodalitäten und Anpassungsfähigkeit (an den Menschen) definiert wird. Eine Studie bezüglich der Akzeptanz von AIBO Roboterhunden (Sony), die sich anhand von Äußerungen in den entsprechenden AIBO Diskussionsforen ableiten lässt, hat belegt, dass die Forenmitglieder den Roboterhund sozial affektiv wahrnehmen, jedoch weniger moralische Gefühle entwickeln als bei einem lebendigen Haustier (Friedman et al., 2003).

Die eigentliche Herausforderung in der Mensch-Roboter Interaktion birgt am Vordringlichsten die Mensch-Roboter Schnittstelle, da hier deutlich wird, dass nicht nur die Kommunikationsverhaltensweisen oder Rezeptionspotenziale des Menschen in Betracht gezogen werden müssen, sondern auch die des Roboters. Bei Industrierobotern, welche beispielsweise in der Laufband-Produktion eingesetzt werden, ist dies nicht oder kaum notwendig (dennoch ist auch hier die Rückkoppelung von Befehlseingaben zu beachten). Wichtig sind hier die autonomen Roboter oder *socially intelligent agents*. Die Nutzerin muss den Eindruck oder die Gewissheit gewinnen, dass der Roboter sie prinzipiell versteht und dass ein gemeinsamer Dialog aufgebaut werden kann (Breazeal, 2002, 2003). Dies gilt (a) als Voraussetzung für dessen Integration und Akzeptanz im persönlichen oder gesellschaftlichen Leben, und (b) als wichtiger Überwindungsmechanismus bezüglich der Technologie-Integration auf einer emotionalen, persönlichen Ebene.

Friedman et al. sprechen an dieser Stelle nicht nur die Notwendigkeit der emotionalen und persönlichen Akzeptanz von soziablen Robotern an, sondern weisen auf die mangelnde Entwicklung moralisch-ethischer Anknüpfungspunkte mit Robotern hin:

[...] if, in the coming years, children come of age with fewer interactions with live pets and more interactions with robotic pets, then our concern is clear. People in general, and children in particular, may fall prey to accepting robotic pets without the moral responsibilities (and

moral developmental outcomes) that real, reciprocal companionship and cooperation involves. (Friedman et al., 2003, Seite 279)

In einer weiteren Studie, die auf die Rezeption des AIBO Roboterhundes bei Kleinkindern fokussierte, wurde festgestellt, dass mehr als die Hälfte der Kinder unterschiedliche Formen von „moralisch-intendierten“ Bezügen zu den Robotern aufbauten. Bemerkenswert bleibt, dass diesen Kindern die Tatsache bewusst war, dass der Roboterhund nicht lebendig ist (Kahn, Friedman, Perez-Granados, & Freier, 2004).

Menschlicher Kommunikationsraum

„Kommunikationsraum“ soll hier als Sprachraum aus einer soziolinguistischen Sicht im weiteren Sinne interpretiert werden, wobei ein Schwerpunkt bei diesem Terminus auf dem Dialog liegt. Er betrifft jegliche sprachlichen Äußerungen, welche der Mensch rezipiert und produziert. Dabei referiert die soziolinguistische Komponente auf die Möglichkeit unterschiedlicher Sprachformen im weiteren Sinne. Damit sind hier nicht Dialekte, Varietäten oder Register einer Sprache gemeint, sondern die Dichotomien von natürlicher vs. formaler Sprache, Schriftsprache vs. Oralsprache, etc.

Im folgenden Abschnitt werden die unterschiedlichen Arten oder Modalitäten der Rezeption aufgezählt. Der Fokus liegt auf den so genannten *social robots*, wobei konkrete Beispiele aus Forschung und Praxis hier nur angerissen werden, da auf diese in einem späteren Kapitel detaillierter eingegangen wird:

1. Textausgabe: Die den Robotern beigelegte Gebrauchsanweisung stellt die erste textbasierte Kommunikationsebene dar. Wichtig ist hier die fachsprachliche Dichte des Textes. Texte, die in einem bestimmten Register geschrieben sind oder zu fachsprachlich konzipiert wurden, bleiben Technik-Laien verschlossen. Damit könnte die Gebrauchsanweisung kontraproduktiv zum eigentlichen Produkt – zum Beispiel dem *sociable robot* – wirken. Optimal und im Sinne eines *sociable robot* wäre es, wenn das Lesen einer Gebrauchsanweisung nicht notwendig wäre, sondern eine spontane und natürliche Näherung stattfinden könnte.

Eine weitere, textbasierte Kommunikationsform liegt dann vor, wenn der Roboter mit einem Bildschirm versehen ist. Bildschirme dienen in der Ro-

botik oft zur Visualisierung der primären Funktionsangaben wie ‚An-Aus‘, ‚Ruhezustand‘ oder Angaben zum Batteriestatus des Roboters. Gerade im Bereich der Unterhaltungsroboter werden Bildschirme vermieden und es wird versucht, diese grundlegenden Angaben per *natürlichem Kommunikationsverhalten* zu simulieren oder per Reduzierung auf einzelne Farbsignale (z. B. simuliert der AIBO Roboterhund mit einer grünen Leuchtdiode Gefallen und mit einer roten Leuchtdiode Ärger und Missfallen). Die Nutzung eines Bildschirms stellt nicht nur einen potenziellen Bruch in der Vermenschlichung des Schnittstellen-Designs dar, sondern birgt per se verschiedene Faktoren, die zu Fehlkommunikation und einer erschwerten Akzeptanz führen können. Hierunter fallen Erkenntnisse aus dem Bereich des *usability engineering*; Beispiele sind Schrift- oder Symbolgröße, eindeutig verständliche Ausdrücke oder Symbole, Farbwahl und letztlich auch Bildschirmhelligkeit und Auflösung.

2. Tonausgabe: Das Sprichwort „Der Ton macht die Musik“ spielt hier wie auch in der *usability*-Forschung und im Schnittstellendesign (Mensch-Computer Interaktion) eine wichtige Rolle. Einzelne Tonsequenzen können unterschiedliche Kommunikationsparameter beinhalten, welche logisch angewandt unbewusst von den Nutzerinnen wahrgenommen, rezipiert und verarbeitet werden. Zudem können Töne und Signale die primären Funktionsangaben (siehe vorhergehender Abschnitt) ersetzen, da es sich hier um einfache, meist binär umsetzbare Aussagen handelt (‚An-Aus‘, ‚Ruhezustand-Funktionszustand‘, ‚niedriger Batteriestand-hoher Batteriestand‘).
3. Sprachsynthese: Natürliche Sprache wird überwiegend als die optimale Kommunikationsform zwischen Mensch und Roboter angestrebt, da sie die für den Menschen natürlichste Art und Weise der Interaktion ist. Ferner fungiert natürliche Sprache als Vehikel für eine Vielzahl an metasprachlichen Informationen, wie sozialer Status und Herkunft, regionale Herkunft, Geschlecht, Alter, emotionaler Zustand, etc.

Bezüglich dieser Kommunikationsform sind die Bereiche Spracherkennung und Sprachsynthese zu unterscheiden: Die automatische Spracherkennung beschäftigt sich mit der Erkennung natürlich-verbaler Sprache sei-

tens künstlicher Systeme wie Computer. Dazu müssen Phoneme in Zeichenfolgen umgewandelt und verarbeitet werden. Sprachsynthese dagegen beschäftigt sich mit der Entwicklung künstlicher Sprachausgabesysteme auf der Basis von formalen Grammatiken und Lexika.

Aufgrund der hohen Komplexität von Spracherkennung und Sprachsynthese existieren unterschiedliche Forschungsansätze. Ein Beispiel ist Kismet (2002) aus dem *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Dieser Roboter simuliert das Verhalten eines kleinen Kindes, fließende natürliche Sprachausgabe wird daher weder antizipiert noch erwartet. Darüber hinaus stimuliert ein kleines Kind erhöhte soziale Akzeptanz, was sich wiederum positiv auf die Akzeptanzbereitschaft gegenüber der synthetischen Sprachausgabe auswirkt. Man ist es gewohnt, dass kleine Kinder eine Mischung aus phonotaktisch ‚legalen‘ Lauten und einzelnen Silben von sich geben und hat deshalb hinsichtlich des Erkennens „korrekter“ Wörter niedrige Erwartungshaltungen. Andere Roboter beherrschen in thematisch beschränkten Bereichen Sprachsynthese.

In diesem Zusammenhang stellt die Qualität der Roboterstimme einen weiteren komplexen Faktor dar. Einerseits ist hier die Stimmqualität in Bezug auf die Verständlichkeit von eminenter Bedeutung, andererseits stellt sich die Frage, wie Nutzerinnen auf künstliche Stimmen oder möglichst menschenähnliche Stimmen reagieren.

4. Optische und non-verbale Signalausgabe: Hierbei handelt es sich um generelle Signale, die von technischen Applikationen hervorgerufen werden. Aus linguistischer Sicht zählt hierzu auch non-verbale Kommunikation (Gestik, Mimik). Ersteres bezieht sich auf Leuchtdioden oder andere farbliche Signale, die entweder zur Unterstützung anderer Kommunikationsformen oder als primäre Kommunikationsmerkmale fungieren.

Zur Gestik gehören beim AIBO Hund Bewegungen verschiedener Körperteile, welche die seines lebendigen Gegenstücks nachahmen. So sind Ohren, Beine und Schwanz beweglich und kommunizieren unterschiedliche Botschaften. Der HONDA Roboter namens ASIMO verfügt über perfektio-

nierte Bewegungspotenziale, wie das Laufen oder fernöstliche Höflichkeitsgestiken, zum Beispiel Verbeugen oder Händeschütteln.

Mimische Kommunikationsparameter werden unter anderem bei Kismet angewandt (Augen, Augenbrauen, Ohren und Mund), aber auch bei den so genannten Roboter-Gesichtern. Diese sind möglichst naturgetreu einem menschlichen Gesicht (Kopf) nachgebaut, und bestehen aus eine Vielzahl an Motoren, welche die menschlichen Gesichtszüge imitieren können.

Roboter-Kommunikationsraum

Der Roboter-Kommunikationsraum betrifft alle Rezeptionsformen menschlicher Kommunikation, die im Rahmen der Mensch-Roboter Interaktion auftreten können. Dabei stellt hier der Begriff des Raumes einen Bezug zu soziolinguistischen Themenbereichen auf und impliziert damit die Forderung, dass Roboter neben den rein sprachlichen Äußerungen auch metasprachliche Äußerungen und Informationen verarbeiten können müssen. Im Unterschied zum Menschen ist die qualitative Extraktion eine weitere Herausforderung beim Roboter, da dieser aus einer Vielzahl von Äußerungen ausschließlich die tatsächlich kommunikativen Formen aussondern muss. Kleine Handbewegungen, wie durch das Haar Streichen oder sich Kratzen sind indirekte kommunikative Handlungen, welche in einigen Fällen als Unsicherheit oder Nervosität gedeutet werden können. Um jedoch ein vertretbares und für die maschinelle Umsetzung zu bewältigendes Maß an kommunikativem Input zu bewahren, müssen diese minoren Akte als sekundär eingegliedert werden.

Ein erhöhter Schwierigkeitsgrad besteht auch dann, wenn mehrere Menschen mit einem Roboter interagieren oder indirekt mehrere Menschen vorhanden sind. In diesem Fall muss der Roboter die kommunikativen Äußerungen getrennt von jedem einzelnen Menschen wahrnehmen und nicht jegliche Äußerung zusammen rezipieren und verarbeiten.

Als Hauptkategorien von kommunikativem Input können exemplarisch folgende Bereiche genannt werden:

1. Texteingabe: Texteingabe als kommunikativer Input soll hier im weiteren Sinne verstanden werden. Es kann sich hierbei um konkrete Texteingabe

per Computertastatur handeln, zum Beispiel im Bereich der Softbots, Chatbots und Avatare. Darüber hinaus ist mit Texteingabe auch jegliche Steuerung per weiterer Hardware gemeint, wie beispielsweise bestimmte externe Steuerungsvorrichtungen. Als drittes Beispiel lässt sich die Texteingabe per Computer benennen, welche bei medialisierter Fernsteuerung von Industrierobotern oder Protektionsrobotern angewandt wird.

2. Spracherkennung: Während die Geschichte der ersten Automaten, die Laute oder einzelne Wörter von sich geben konnten, von der Antike bis zu Jacques de Vaucansons (1709–1782) Flötenspieler reicht, ist das Gebiet der computerbasierten Spracherkennung erst in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts aufgekommen. Als Hauptprobleme werden zu diesem Gebiet folgende Punkte genannt:

- Kontinuierliche Sprache: Bei kontinuierlicher Sprache gehen die einzelnen Wörter ineinander über, es sind keine Pausen erkennbar. Die ersten Spracherkennungssysteme waren nicht in der Lage, die notwendigen Pausen künstlich einzufügen, um eine korrekte Umsetzung vornehmen zu können. Daher erforderten frühe Spracherkennungsprogramme eine diskrete Sprache, in der Pausen künstlich gesetzt wurden, wobei ein „natürlicher Kommunikationsfluss“ nicht möglich war.
- Wortschatzgröße: Der Wortschatz für ein künstliches Spracherkennungssystem kann nicht ausschließlich aus Lexemen bestehen, sondern wird durch die entsprechenden Flexionsformen unproportional vergrößert. Wichtig ist daher einerseits ein möglichst großer Wortschatz und andererseits die Lernfähigkeit des Systems. Auf diese Art können auch unbekannte Wörter aufgenommen werden. Sicherlich stellt die Lernfähigkeit ein weiteres Problem bezüglich einer hierfür notwendigen Ontologie dar, da das Wort nicht nur denotativ gelernt werden kann sondern auch in seinen unterschiedlichen Konnotationen verarbeitet werden muss.
- Homophone: Homophone sind eine der häufig genannten Belege für die Problematik künstlicher Spracherkennung. Nach ihrem Lautbild

identische Wörter (z. B. „Meer“ und „mehr“) können nur durch allgemeines Kontextverständnis korrekt auseinander gehalten werden.

Bei der Mensch-Roboter Kommunikation auf der Basis von Spracherkennung ist zu beachten, dass der Roboter nicht nur eindeutig an diesen gerichtete (personalisierte) Spracheingaben rezipiert, welche meist durch Personalpronomina, direkte Anredeformen, etc. gekennzeichnet sind, sondern auch indirekte Kommunikationsformen potenziell rezipieren und verarbeiten kann. Laut Reeves und Nass (1996) dominiert einerseits die persönliche Anrede oder Adressierung in der Mensch-Computer Interaktion, doch führt die Integration von Spracherkennung zu neuen Gesprächssituationen: Durch Sprechen können auch indirekte Anweisungen oder Wünsche geäußert werden. Kombiniert mit dem Potenzial der Mobilität entsteht so weitere Möglichkeiten sprachlicher Interaktion.

Eine weitere Herausforderung in der Verarbeitung natürlicher Sprache stellen die so genannten paralinguistischen Äußerungen dar, wie Räuspern oder Husten, die gleichzeitig mit sozio-kulturellen Verhaltensmustern gekoppelt sein können. Der Roboter muss diese Laute als nicht-bedeutungstragende Einheiten erkennen, denn der Dialog wäre empfindlich gestört, würde ein Roboter nach einem Räuspern (des Menschen) fragen: „Könnten Sie das bitte wiederholen?“; andererseits gibt es auch nicht-sprachliche Äußerungen, die nach einer sprachlichen Reaktion verlangen: Es gilt als höflich, jemandem nach dem Niesen Gesundheit zu wünschen.

Soziolinguistische Faktoren und metasprachliche Informationen, die bei der Dekodierung der natürlichen Sprache inbegriffen sind, stellen eine der größten Herausforderungen dar. Soziologische Zusatzinformationen wie Geschlecht oder regionale Herkunft dekodieren Menschen unbewusst bereits nach den ersten wahrgenommenen Worten und lassen diese Informationen in ihre Dialogstruktur und Strategie mit einfließen. Ferner können Menschen anhand der Tonlage erkennen, in welcher emotionalen Stimmung sich ihre Dialogpartnerin befindet. Dies ist dem Roboter nicht möglich. Stimmlagen können sich zwar grob als weiblich und männlich definieren lassen, dies ist jedoch fehleranfällig.

3. Optische Signalausgabe: Die optische Signalausgabe bezieht sich wie auch im oberen Teil auf Gestik, Mimik und auf das äußere Erscheinungsbild des Menschen. In vielen Kulturen (wie auch der westlichen) ist das äußere Erscheinungsbild einer der wichtigsten primären Kommunikationsträger. Dies bezieht sich auf die physische Statur, welche bereits zwischen Mann und Frau sowie Erwachsenen und Kind unterscheiden kann und auf das Äußere per se. Beinhaltet sind die natürlichen äußeren Erscheinungsformen wie Haare, Körpervariablen, etc. aber vor allem auch die kulturell bedingten Erscheinungsformen wie Kleidung und Körperhaltung. So kann die Kleidung bereits einen Anhaltspunkt auf die Absichten des Menschen geben: Nähert sich ein Mensch in einem Arbeitsoverall, so kann der Roboter davon ausgehen, dass es sich wahrscheinlich um eine Reparatur handelt; nähert sich dagegen jemand in Freizeitkleidung, so geht der Roboter von einer persönlichen Interaktion aus.

Wie bereits beim menschlichen Kommunikationsraum angedeutet wurde, sind non-verbale Äußerungen ein wichtiges Kommunikationsvehikel, welches auch die Menschen sowohl unbewusst als auch bewusst frequent anwenden. Somit stellt die Rezeptionskompetenz von Mimik und Gestik einen weiteren wichtigen Bereich dar. Die Haltung des Menschen gegenüber dem Roboter lässt bereits tief reichende Interpretationen zu: ob dominant oder ängstlich, ob zugänglich oder abweisend.

Die generelle Schwierigkeit bei der Verarbeitung von non-verbale Kommunikationsformen ist, dass diese eine hohe Rechenleistung und selbstverständlich hoch entwickelte Sensoren beanspruchen. Die so genannten *motion tracking systems* (Bewegungssensoren) müssen in diesem Fall höchst sensibel sein, um auch neben gröberen Gestiken die feinen Gesichtszüge (Mimik) erkennen und verarbeiten zu können. Darüber hinaus stellt das Tempo der Erkennung bzw. das Potenzial auch kurze, einander folgende Gesten und Mimik erkennen und verarbeiten zu können, eine große technologische Herausforderung dar.

2.4 Sonderfall Avatare

Avatar ist ein Wort dessen Etymologie auf das Sanskrit Wort *Avatara* „Herabkunft“ zurück geht, womit die Verkörperung eines Gottes auf Erden in den indischen Religionen gemeint ist. Der Begriff Avatar beschreibt entweder eine grafische Darstellung, eine Animation, eine Karikatur o. Ä. als persönliche Verkörperung einer Benutzerin im Cyberspace oder eine virtuelle Kunstfigur. Darüber hinaus können Avatare beispielsweise berühmte Persönlichkeiten im Cyberspace oder gar infrastrukturelle Dienste und Einrichtungen (neutrale Museumsführerin oder Rezeptionistin) verkörpern.

Ein bekanntes Beispiel für einen Avatar ist Rea. Sie wurde am MIT von Justine Cassell (Cassell, Bickmore, Campbell, Vilhjálmsón, & Yan, 2000) et al. entwickelt und simuliert eine Immobilienmaklerin in einer virtuellen Umgebung. Nutzerinnen oder besser Interaktantinnen können Rea Fragen zu Immobilienobjekten in dieser virtuellen Umgebung stellen. Der Avatar kommuniziert durch natürliche Sprachausgabe, Intonation sowie Gestik und Mimik. Ein weiterer Vorteil Reas ist die Kompetenz, grob die Positionen der Nutzerinnen wahrzunehmen und somit auch ihren Blick in die entsprechende Richtung zu werfen so dass eine reale Face-to-Face Konversation simuliert werden kann.

Grundsätzlich nimmt die Roboterform der Avatare in Bezug auf das Schnittstellen-Design eine Sonderstellung ein. So kann die erste Ebene noch für Avatare übernommen werden, doch weitere Spezifikationen bedürfen einer genaueren Diskussion. Da Avatare immer in Kombination mit einem Computer (oder zumindest einem Bildschirm) auftreten, bilden sich unterschiedliche Schnittstellenparameter und somit Kommunikationsformen.

Technische Schnittstellen

Die technischen Schnittstellen der Roboter weisen für Avatare erhöhte Performanzbedarfe bezüglich der Grafikleistung auf. Insbesondere dreidimensionale Avatare können nur mit einem leistungsstarken Grafikchip und der respektiven Unterstützung durch das gesamte Hardware-System überzeugend wirken. Auch die Soundkartenunterstützung ist elementar für das Agieren bestimmter Avatare.

Roboter-Raum Schnittstelle

Die Roboter-Raum Schnittstelle kann auch hier übernommen werden, dies allerdings auf den virtuellen Raum abstrahiert. Dreidimensionale Avatare bewegen sich ebenfalls in einem (virtuellen) Raum, der auf die Kommunikationsform in toto Einfluss haben kann. Eine Vielzahl an Avataren befinden sich allerdings in einem neutralen Raum, der Raum selbst besteht aus einer einfarbigen, einheitlichen Fläche, auf der keine dreidimensionalen Objekte oder Formen abgezeichnet sind. Die so genannten Chatbots weisen allerdings häufig eine Palette von unterschiedlichen Hintergrundoptionen auf, aus denen die Nutzerin frei wählen kann. Chatbots werden oft als personalisierbare Avatare eingesetzt, für welche die Nutzerin Aussehen, Geschlecht, Sprache, Hintergrund und sogar Dialogstrukturen selbst wählen kann.

Im erweiterten Sinne kann die Roboter-Raum Schnittstelle gerade bei Avataren auch auf den Dialogkontext bezogen werden. Dabei handelt es sich um die konkreten Themenbereiche, Rhetorik, bei Sprachsynthese auch Sprache und Dialekt bzw. Soziolekt des Avatars. Beim so genannten „Turing-Test“ (siehe Kapitel 6) spielt daher diese Raum-Schnittstellenart eine große Rolle, da anhand der beherrschten Themenbereiche und der „persönlichen“ Kommunikationsart ein Avatar (Computerprogramm) erfolgreich einen Menschen simulieren kann.

Inter-Roboter Schnittstelle

Die Inter-Roboter Schnittstelle kommt besonders in so genannten virtuellen Städten oder Gemeinschaften zum Tragen. Hier werden in einem virtuellen Raum Gemeinden gegründet, in denen jede Nutzerin sich ihren eigenen Avatar kreiert. Diese müssen in den virtuellen Gemeinden oder Gemeinschaften miteinander leben, sich unterhalten und interagieren. Dabei ist es wichtig, dass die optischen Eigenschaften der Avatare (Geschlecht, Größe, Kleidung, etc.) als Parameter im Programm automatisch an die anderen Avatare übermittelt werden und jene die Parameter verarbeiten und weiter verwenden können.

Ein weiterer Anwendungsbereich für Inter-Roboter Schnittstellen findet sich in der autonomen Agententechnologie. Hier werden unter anderem Softbots als persönliche virtuelle Agenten für Aufträge und das Bearbeiten von Aufgaben eingesetzt. Softbots sind demnach Softwareprogramme, die in einer vollkommen

variablen Form und Gestalt auftreten. Sie verfolgen allerdings das gemeinsame Ziel, vorgegebene Aufgaben zu übernehmen oder auch routinierte und automatisierte Aufgaben selbstständig zu bewältigen. Die äußere Form der Softbots muss in diesem Fall nicht einmal eine konkrete dreidimensionale Person oder ein Tier sein. Softbots können vollkommen entkörperlich agieren und in der Entwicklung besteht der Fokus vor allem auf ihrer Adaptionsfähigkeit in Bezug auf die Interaktion mit anderen Softbots und den Nutzerinnen.

Insbesondere die Inter-Roboter Schnittstelle (sicherlich aber auch die vorab genannten Schnittstellenarten) setzen Kommunikationskompetenz mit anderen Softwareagenten voraus. Diese Kommunikationskompetenz beinhaltet verschiedene Problembereiche:

- Der persönliche Softbot muss – am Beispiel der Terminabsprache – den für diesen Termin relevanten Softbot der anderen Terminpartei ausfindig machen können. Eine Terminabsprache mit dem falschen Softbot könnte zu erheblichen Schwierigkeiten und Unannehmlichkeiten führen, gerade im Bereich offizieller Terminabsprachen. Hürden stellen hier die unterschiedlichen Skripte dar, in welchen die Softbots programmiert werden oder auch die spezifischen Softwareumgebungen der entsprechenden Hardware. Eine Firewall kann beispielsweise die Kontaktaufnahme per Internet von einem fremden Softbot erheblich behindern.
- Der Sicherheitsaspekt muss hier eine relevante Rolle spielen. Der persönliche Softbot muss wissen, welche Informationen er oder sie weitergeben oder aufdecken darf. In nicht seltenen Fällen setzt die Nutzerin gerade dann einen Softbot ein, wenn sie selbst anonym bleiben will (z. B. bei Auktionen). Das setzt auch voraus, dass der persönliche Softbot so sicher programmiert ist, dass es relativ schwer und aufwändig wäre, diesen zu manipulieren und ihm konfidenzielle Informationen zu entlocken.
- Einer der größten Problembereiche betrifft die Kommunikation per se. Die Softbots der unterschiedlichen Parteien müssen auch in der gleichen Sprache kommunizieren können. Dabei ist mit Sprache die formale, programmiertechnische Sprache gemeint. Ferner beinhaltet dies, dass die Softbots

ein gemeinsames Repertoire an Funktionen beherrschen müssen, bezogen auf die Sprachkompetenz. Beispielsweise können Softbots auch als Frontend einer Termindatenbank agieren, wobei beide Softbots eine kompatible Datenbanksprache sprechen können müssen um nahtlos und ohne Schwierigkeiten Termine austauschen oder verhandeln zu können.

In der Interaktion zwischen Mensch und Avatar stellen Mensch-Roboter Schnittstellen eine gesteigerte Komplexität im Vergleich zu den oben erwähnten Schnittstellen dar. Avatare sind zwar nicht im engeren Sinne als tangible Objekte wie Roboter zu betrachten, dafür wird das Moment des Greifbaren – also Realen – aufwändig simuliert.

Darüber hinaus wird eine erhöhte Komplexität durch die Kombination von Mensch-Roboter Schnittstellen und erweiterten Mensch-Computer Schnittstellen hervorgerufen. Die direkte, haptische Interaktionsmöglichkeit (der Roboter als tangibles Objekt) wird durch den Computerbildschirm obstruiert und auf Maus und Tastatur umgeleitet. Mittlerweile werden auch berührungssensitive Bildschirme entwickelt, doch kommen diese bisher im Normalfall nicht zum Einsatz und stellen ein Hindernis oder zumindest eine Art künstlicher Grenzmauer zwischen Nutzerin und Avatar dar.

Das Moment der Indirektheit wird – wie auch in der Mensch-Roboter Interaktion – durch den Einsatz von natürlicher Sprachein- und -ausgabe zu überwinden versucht. Es ist jedoch offensichtlich, dass die Avatare einen konkreten Nachteil durch das reale Objekt des Bruchs (Bildschirm) gegenüber den Robotern haben. Diesen Nachteil versucht man durch intelligente Programme weitgehend auszumerzen. Ein Beispiel ist der mittlerweile weit verbreitete Einsatz von *mouse-movement tracking systems*. Diese Programme ermöglichen es, dass der Avatar den Bewegungen der Maus am Bildschirm mit Augen und Kopf folgt. Hierunter ist eine versetzte Form des Face-to-Face Kontakts zu verstehen: Bewegt die Computernutzerin die Maus, so folgt der Avatar zwangsläufig auch den Bewegungen der Maus auf dem Bildschirm. So ist eine Art Synchronisierung der Blickrichtungen von Mensch und Avatar erreicht und eine räumliche Nähe wird simuliert. Ein weiterer Lösungsansatz beinhaltet die Integration von Videokameras, welche am Bildschirm in Richtung der Nutzerin montiert sind, um so deren Bewegungen aufnehmen und verarbeiten zu können. Die Kameras werden in neueren

Entwicklungen zur Unterstützung der Spracherkennung genutzt: durch intelligente Programme werden parallel die Lippen der Nutzerin abgelesen und mit der natürlichen Spracheingabe abgeglichen.

Da es sich bei dieser Sonderform um eine breite Vielfalt von unterschiedlichen Softwareprogrammen handelt, werden die folgenden Hauptkategorien von Avataren definiert:

- *Text-to-text*: Bei dieser Avatar-Form handelt es sich um die klassische Dialogstruktur, deren bekannteste Vertreterin das von Joseph Weizenbaum entwickelte Programm ELIZA (siehe auch Kapitel 6) ist. Nutzerin wie auch Avatar kommunizieren per Textein- und -ausgabe, wobei heute noch viele Programme ein eher klassisches Schnittstellen-Design aufweisen, welches an die veraltete Kommandozeilen-Oberfläche erinnert.
- *Text-to-speech*: Hier findet der Dialog anhand von Texteingabe durch die Nutzerin und gesprochener Sprache (Sprachsynthese) seitens des Avatars statt. Die Nutzerin muss in diesem Fall immer von einem Kommunikationskanal zum anderen umschalten (Schrift auf Sprache und umgekehrt).
- *Speech-to-speech*: Hierbei handelt es sich durchgehend um orale Sprachausgabe und -eingabe, textuelle Kommunikationsformen sind nicht mehr notwendig. Obwohl zu erwarten wäre, dass diese Kommunikationsform grundsätzlich von den Nutzerinnen präferiert und gewünscht wird, haben Umfragen im Bereich der so genannten Chat-Programme bezüglich der Präferenz der Eingabemöglichkeiten von Menschen unterschiedliche Ergebnisse aufgezeigt. Primär hängt es vom Einsatzbereich der Avatare ab und so ist den Nutzerinnen die Wahlmöglichkeit oder auch das spontane Ändern des Kommunikationskanals (von Text auf Sprache und konträr) sehr wichtig.
- Manuelle und körperliche Interaktion: In diesem Fall handelt es sich um eine nicht sehr weit verbreitete Form von Interaktion. Dies können stark vereinfachte Tastatureingaben sein, bei Avataren, die beispielsweise nur singuläre Tastendrucke verarbeiten können (zum Beispiel Eingabe-Taste oder Pfeil-Tasten). Dieses Prinzip ist aus dem Bereich der Computerspiele be-

kannt, allerdings für eine intensive Interaktion und Kommunikation kaum geeignet.

Ein weiteres Beispiel für manuelle Interaktion sind Avatare, die für ein größeres Publikum gedacht sind und auf eine Projektionsfläche geworfen werden. In diesen Fällen ist eine Gruppeninteraktion per Fernsteuerung anhand spezieller Steuerungsvorrichtungen möglich. Dieses Prinzip ist wiederum aus anderen Programmen bekannt, wenn ein größeres Publikum per Ferneingabe seine Stimme abgibt. Ein Nachteil ist hier, dass immer eine zeitliche Verzögerung eintritt, da auch ein künstliches System nicht multiple Eingaben simultan umsetzen kann. Eine natürlichsprachliche Interaktion wäre hier aufgrund der Vielzahl der Nutzerinnen und der räumlichen Einschränkungen (evt. Halleffekte) nicht möglich.

Schließlich fallen noch Avatare, die in *Virtual Realities* oder *Augmented Realities* eingesetzt werden, unter diese Form der Interaktion. Nutzerinnen interagieren hier mit Avataren innerhalb virtueller Umgebungen, wobei die Nutzerinnen per Headset, Handschuhen oder auch in einem CAVE Eintritt in die virtuelle Umgebung finden. Die haptische Interaktion kann insofern nur indirekt stattfinden, da der gefühlte Widerstand beim Berühren des Avatars nur simuliert wird und darüber hinaus beispielsweise durch den Handschuh interferiert wird.

Für Nutzerin wie Avatar komplementär können folgende kommunikative Formen der Interaktion festgestellt werden:

- Textausgabe: Diese kommunikative Form kann als eine Grundform der Kommunikation zwischen Nutzerinnen und Avataren bezeichnet werden. Sie trifft auf alle vier Avatar-Arten zu und kann zusätzlich als die grundlegende und singuläre Kommunikationsform bei Inter-Avatar Dialogen bezeichnet werden. Im Bereich der intelligenten Software-Agenten können diese sich von einer zur anderen Agentin auf der rein textuellen Basis von Programmcode und Inhalten austauschen.

Als primärer linguistischer Parameter kommt der Textgestaltung demnach eine besondere Rolle im Schnittstellen-Design zu. Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt erläutert, versucht man insbesondere in der reinen *text-*

to-text Konversation anhand der Textsorte und Form implizit bestimmte Stimmungen und Eindrücke zu erzeugen. Es handelt sich hierbei um eine doppelte Text-Verkapselung (*encapsulation*): Auf der Mikroebene besteht die Verkapselung in der Dichotomie von formaler Sprache (Programmcode) und natürlicher Sprache (Inhalt), während auf einer Makroebene der auf dem Bildschirm projizierte Text das Vehikel für eine weitere Botschaft ist.

Ein Textmoment, das im weiteren Sinne in der Mensch-Avatar Interaktion hinzu kommt betrifft die Tastatur und die darauf zu findenden Buchstaben und Symbole. Es ist dabei diskutierbar ob die Tastatur per se als ein Text zu betrachten ist und so kommt man schnell in die Bedrängnis einer grundlegenden Textdefinition. Im Rahmen dieser Arbeit motiviert sich die Tastatur als Text im weiteren Sinne aus drei Gründen: (a) Eine Tastatur steht symbolisch für die Interaktion mit einem Computer und hat daher bereits textuellen Charakter angenommen (Intentionalität und Intertextualität); (b) etymologisch gesehen besteht eine Tastatur aus der Summe der bereits auf oder mit ihr geschriebenen Texte; (c) die Miniaturbilder, welche neben den einzelnen Buchstaben und Ziffern auf der Tastatur abgebildet sind, haben Symbol-Charakter und kommunizieren ganze Kontexte bzw. Sprechakte (z. B. das Symbol für Ton oder Kontrast) und sind durchgängig und über verschiedene Sprachen hinweg gleich geformt (Kohärenz).

- Tonausgabe: Die Tonausgabe bezieht sich auf Signaltöne des Computers und der Software (z. B. Fehlersignale) oder auf eventuelle Zusatztöne des Avatarprogramms, wie beispielsweise Hintergrundmusik.
- Spracherkennung und Sprachsynthese: Dieser Punkt bezieht sich auf die natürlichsprachliche Kommunikation zwischen Mensch und Avatar. Die meisten Systeme basieren noch auf asynchroner Interaktion in natürlicher Sprache: Die Nutzerin verfügt lediglich über ein Texteingabesystem als Sprachkanal und der Avatar antwortet per Sprachsynthesesystem. Der so genannte A.L.I.C.E.-Bot (*Artificial Linguistic Internet Computer Entity*) verfügt über eine breite Gemeinschaft an Entwicklerinnen und Nutzerinnen (<www.alice.org>). Die Software wurde 1995 von Richard Wallace entwi-

ckelt und basiert auf der eigenen Markup-Sprache AIML (*Artificial Intelligence Markup Language*). Die A.L.I.C.E.-Bot Technologie sticht durch ihre weite Entwicklung und hohe Detailarbeit bezüglich anpassungsfähigem Erscheinungsbild, Sprache und Themenvielfalt hervor. Unter anderem ist es möglich, natürliche Sprache wie auch Stimme (männlich-weiblich, Alter) oder Akzent zu wählen.

Ein wichtiges Merkmal ist die Authentizität der menschlichen Stimme, die von den Avataren nur künstlich simuliert wird. Synthetisch erzeugte Stimmen haben bisher noch einen deutlich wahrnehmbaren künstlichen „Akzent“. Dieser auditive Nachteil kann sich deutlich auf die Erwartungshaltung und das Verhaltensmuster der Nutzerinnen auswirken. So kann angenommen werden, dass eine nicht vollkommen menschliche Stimme Defizit-Assoziationen bezüglich der Kompetenzen von Avataren auslösen kann.

2.5 Forschungsüberblick

Die in den vorherigen Abschnitten aufgelisteten Kommunikationsformen und Modelle basierten auf theoretischen Überlegungen und aus der Praxis deduzierten Beispielen. Nachfolgend werden exemplarisch eine Reihe von rezenten Forschungsansätzen zur Mensch-Roboter Kommunikation und Interaktion skizziert, um diese als weitere Basis für diese Arbeit nutzen zu können. Darüber hinaus fungiert dieser Abschnitt als Spiegel der linguistischen Ansätze aus den Bereichen Ingenieurwissenschaften, Robotik, Informatik, etc.

2.5.1 Robovie

Der von seinen Entwicklerinnen „Robovie“ genannte Roboter wird am *ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories* entwickelt und als Kommunikationsroboter bezeichnet (Ishiguro et al., 2001; Ishiguro, Ono, Imai, & Kanda, 2004; Kanda, Sato, Saiwaki, & Ishiguro, 2004; Kanda, Ishiguro, & Ishida, 2001). Ihr Modell wird durch psychologische Studien wie auch Theorien aus den Kognitionswissenschaften geprägt. Dabei handelt es sich um die Integration des Roboter-

körpers als kommunikatives Medium (z. B. non-verbale Kommunikation) sowie die effektive Spracherkennung durch den Roboter.

Robovie ist demnach kein für bestimmte Aufgaben programmierter Roboter (*task-oriented robot*) sondern ein Service-Roboter, der als persönlicher Freund des Menschen konzipiert wird (*interaction-oriented robot*). Ishiguro et al. gehen dabei von einem konstruktiven Ansatz aus, der die partielle und sukzessive Erweiterung der Roboterkompetenzen beinhaltet:

We believe that bottom-up construction is currently a better way to build an interactive humanoid robot, since we do not know how to generally utilize a human-like body in human-robot communication. In other words, our *constructive approach*—to continue implementation until the robot behaves more human-like—aims to establish the ideal top-down model of interactive humanoid robot through exploratory bottom-up construction. (Ishiguro et al., 2004, Seite 1840)

Die Roboter-Architektur besteht unter anderem aus situationsabhängigem Sensoren-Input, welcher zum Verarbeiten komplexen menschlichen Verhaltens eingesetzt wird. Als so genannte kommunikative Module stehen Blickkontakt (*eye contact*), Kopfbewegungen wie Nicken (*nodding*), Positionsadaption (*positional relationship*) und Synchronisierung von mehreren Bewegungen (*gaze and point at object*). Darüber hinaus adaptierten Ishiguro et al. das linguistische Konzept der *adjacency pairs* auf die Mensch-Roboter Interaktion bezüglich der reaktiven Verhaltensmuster: Eine Reaktion des Menschen löst eine komplementäre Reaktion des Roboters aus und vice versa.

Schließlich nehmen die Robovie Forscherinnen das Konzept der Verkörperung (*embodiment*) auf und geben dem Roboter ein menschenähnliches Aussehen wie Extremitäten (Arme), Augen sowie Mobilität und Körpergröße. Letzteres Merkmal soll die Größe eines Kindes von ca. 1,20 Meter imitieren.

2.5.2 ISAC

Das Akronym ISAC steht für *Intelligent Soft-Arm Control* und wird am *Intelligent Robotics Laboratory of the Center for Intelligent Systems* an der Vanderbilt Universität entwickelt. Ursprünglich wurde ISAC als Roboterprothese für Menschen mit Behinderung entwickelt, doch ging man später dazu über das System für Mensch-

Humanoid Interaktion (*human-humanoid interaction*) zu nutzen (Kawamura, Alford, Hambuchen, & Wilkes, 2000).

Wie auch bei Robovie handelt es sich bei ISAC um *human-humanoid interaction*, die von Kawamura et al. wie folgt definiert wird: "HHI differs from traditional human-robot interaction (HRI) in the sense that a humanoid should not only recognize the physical aspects of humans, but psychological aspects such as frustration, confusion and joy, as well" (2000).

Die Entwicklerinnen stützen sich dabei auf eine bestimmte Software-Architektur, die das System in einzelne atomare Agenten unterteilt, wobei „Agenten“ hier nicht auf die so genannten Autonomen Agenten zu beziehen ist, sondern vielmehr die programmiertechnische Unterteilung des Systems darstellt. Diese Agenten sind in gewisser Hinsicht in eine Hierarchie eingegliedert, in welcher der *human agent* auf einer Metaebene diejenigen Agenten vereint, welche die Eigenschaften der Nutzerinnen rezipieren können. Der *human agent* verkapselt somit die Informationen, welche die anderen Agenten über die Nutzerin gesammelt haben und integriert insgesamt die Komponenten *detection*, *monitoring* und *identification*.

Diese sehr komplexe Architektur soll unter anderem den Roboter befähigen unterschiedliche Emotionen beim Menschen festzustellen und angemessen darauf zu reagieren. Eine Möglichkeit der Emotionenrezeption wird durch Registrierung und Auswertung negativer und positiver Ausdrücke dargestellt. Auf der anderen Seite ermöglicht diese Architektur auch die Generierung künstlicher Emotionen für den Roboter, wobei diese noch auf zwei unterschiedliche emotionale Einstellungen reduziert sind: *Happiness* und *confusion*. Die Wahl beider möglicher Emotionen ist offensichtlich in Hinblick auf das Gesamtziel der Entwicklung eines humanoiden Roboters getroffen, da Freundlichkeit und eine positive Ausstrahlung zur Akzeptanz des Roboters beitragen und es darüber hinaus für einen Dialog oder eine Interaktion wichtig ist, dass das System (der Roboter) im Falle eines Missverständnisses entsprechend reagieren kann und gegebenenfalls fähig ist Verwirrung zu kommunizieren.

2.5.3 Ethologisch fundierte Robotermodelle

Arkin, Fujita, Takagi und Hasegawa (2003) stellen den Ansatz eines Modells dar, das einerseits auf wissenschaftlichen Erkenntnissen aus der Ethologie und andererseits auf der Integration emotionaler Verhaltensweisen basiert. Sie gehen davon aus, dass eine andauernde persönliche Beziehung zwischen Mensch und Roboter die Integration von psychologischen Faktoren voraussetzt und legen den Fokus ihrer Forschung auf die Unterhaltungsroboter von Sony (Roboterhund AIBO und der humanoide Roboter SDR).

Auf der Beobachtung von Tierverhalten basierende Ergebnisse fließen somit in eine spezifische Software-Architektur für Roboter ein, wie auch Studien bezüglich der emotionalen Ausdrucksweise bei Menschen (Arkin et al., 2003). Dabei dienen ethologisch untersuchte Verhaltensmuster einem generellen behavioristischen Ansatz, während eine emotionale Matrix für Reaktionen in spezifischen Situationen angewandt wird. Für die Software-Architektur werden diese Modelle in Subsysteme und Module eingeteilt, um synergetisch auf unterschiedlichen Ebenen mit den Nutzerinnen auf einer persönlichen Ebene umgesetzt zu werden.

In Bezug auf die Integration von emotionalem Verhalten sowie auf die Rezeption und Verarbeitung von Nutzerinnen-Emotionen führen Arkin et al. in Anlehnung an Harnad (1990) das Konzept der *emotionally grounded symbols* ein:

From a pattern recognition point of view, if we treat the classified categories as symbols, we can say they are physically grounded through the perceptual channel. However, when we design behaviors with objects that can be treated as physically grounded symbols, we realize that we cannot assign proper behavioral responses to all objects encountered in advance. (Arkin et al., 2003, Seite 195)

Dieses Problem versuchen die Forscherinnen mit der Einführung der *emotionally grounded architecture* zu lösen, welche es dem Automaten-system erlaubt, neue physische Objekte mit internen Variablen (Emotionen oder Verhaltensmustern) zu kombinieren. Dadurch soll ein interner künstlicher Lernprozess initiiert werden, der gleichzeitig einen Lösungsansatz bezüglich des Weltwissen-Problems⁵ in der KI-Forschung darstellen kann.

⁵Das so genannte Weltwissen beinhaltet Informationen, die künstlichen Wesen im Gegensatz zum Menschen nicht gegeben sind. Diese Informationen beziehen sich auf Beschaffenheit und Kontext von Objekten, beispielsweise eines Apfels. Ein künstliches System kann gegebenenfalls Größe und Farbe des Apfels erkennen, dadurch jedoch nicht wissen, dass dieser essbar ist und seinen Zustand verändern kann (organisch ist).

2.5.4 Das Erscheinungsbild als Interaktionsmodell

Forschungsansätze und Studien, die sich ausschließlich mit dem Erscheinungsbild der Roboter befassen, beziehen sich häufig auf in Privatsphäre, in Krankenpflege oder in öffentlichen Räumen (wie Museen) eingesetzte Service-Roboter.

Goetz, Kiesler und Powers stellen die Hypothese auf: “A robot’s appearance and behavior provide cues that influence perceptions of the robot’s propensities, and assumptions about its capabilities” (Goetz, Kiesler, & Powers, 2003). Hierzu stützt sich die Forscherinnengruppe ebenfalls auf Theorien aus der Psychologie, die unter anderem besagen, dass Nutzerinnen-Reaktionen auf Roboter generell stimuli-gesteuert und spontan sind. Daraus ergibt sich die *matching hypothesis* (nach Goetz et al.): Erscheinungsbild und Verhaltensmuster eines Roboters müssen den entsprechenden Aufgabenbereichen angepasst werden. Diese Hypothese kann parallel zu dem oben diskutierten erweiterten Kommunikationsbegriff gesehen werden. Hiernach kommuniziert bereits das Erscheinungsbild einer Interaktionspartnerin primäre Eindrücke, die Rückschlüsse auf Geschlecht, Alter oder sozialen Status ermöglichen.

In Anlehnung an Goetz et al. (2003) existieren eine Vielzahl von weiteren Forschungsprojekten, die sich mit der Rezeption des Roboter-Erscheinungsbildes beschäftigen. DiSalvo, Gemperle, Forlizzi und Kiesler haben auf der Basis einer Studie Design-Richtlinien für den Kopf eines soziablen Roboters entwickelt. Diese stützen sie auf drei zentrale Thesen:

[T]he need to retain an amount of robot-ness so that the user does not develop false expectations of the robots emotional abilities [...], the need to project an amount of humanness so that the user will feel comfortable socially engaging the robot, and the need to convey an amount of product-ness so that the user will feel comfortable *using* the robot. (DiSalvo, Gemperle, Forlizzi, & Kiesler, 2002, Seite 325)

Ebenso wie DiSalvo et al. stützen auch Minato, Shimada, Ishiguro und Itakura (2004a) ihre grundlegenden Hypothesen auf den von Masahiro Mori beschriebenen so genannten *uncanny valley effect* (in Reichardt, 1978; Bryant, 2003). Dieser besagt, dass die Vertrautheit mit einem Roboter linear mit dessen anthropomorphem Erscheinungsbild steigt. Wenn ein bestimmter Punkt erreicht ist, kann jedoch die geringste Imperfektion oder Abweichung des Roboters zum Menschen

zu einem unbehaglichen Gefühl seitens der Nutzerin führen. Mori nennt hier als Beispiel eine Roboterhand: “If you shake an artificial hand [that you perceive to be real] you may not be able to help jumping up with scream, having received a horrible, cold, spongy, grasp” (zitiert in Minato et al., 2004a). Das Resultat ist ein steiles Abfallen des Vertrauheitsgrades seitens des Menschen. Minato et al. adaptieren den *uncanny valley effect* und formulieren daraus eine Verbindung zwischen kommunikativem Verhalten und Erscheinungsbild sowie kommunikativem Verhalten und Komplexität des Verhaltens. Erscheinungsbild und Verhaltenspotential beeinflussen die Erwartungshaltung der Nutzerin bezüglich der kommunikativen Kompetenz des Roboters.

2.5.5 Dialogbasierte Roboter

Obwohl bisher noch keine Dialog-Systeme entwickelt werden konnten, die auf künstlicher Basis eine vollkommen der menschlichen Kommunikation angepasste Kompetenz aufweisen, ist die Integration von Dialog-Systemen in die Mensch-Roboter Interaktion in einer Vielzahl von Projekten vorhanden. Die Unterscheidung zwischen Kommunikation und Dialog soll die Abkehr von singulären und stark restringierten Aufforderungen oder Befehlen hin zu einem kollaborativen Dialog zwischen Nutzerin und Roboter bewirken. Anwendungsbereiche für Dialogsysteme sind selten bei Industrierobotern oder Protektionsrobotern zu finden sondern häufig auf dem Gebiet der Service-Roboter, wie beispielsweise im Pflege-, Hygiene- oder Informationsbereich.

Eines der ersten Beispiele ist das in den 1970er Jahren entwickelte Programm SHRDLU⁶ (Winograd, 1972), ein dialogbasiertes in LISP geschriebenes Programm für einen Roboterarm, der unterschiedliche Bausteine bewegen konnte. Ein konkreter Dialog über unterschiedliche Themenbereiche war nicht möglich; das Programm integrierte jedoch grundlegende Eigenschaften wie Aufbau eines Dialog-Kontextes, pronominale Referentialität, Deixis, Flexion und Wissen über ein bestimmtes Gebiet (in diesem Fall unterschiedliche Formen von Bausteinen).

Bezüglich gegenwärtiger Ansätze unterscheiden Spiliotopoulos, Androutopoulos und Spyropoulos (2001) zwischen *state-based*, *frame-based* und *plan-based* Architekturen. Die planbasierten Modelle sind die flexibelsten und dynamisch-

⁶In Kapitel 6 wird hierauf genauer eingegangen.

sten, da sie versuchen, das Ziel der Interaktion zu erkennen und so während der Interaktion Planänderungen rezipieren und verarbeiten können. Dennoch bietet sich eine Kombination von *state-based* und *plan-based* Architekturen an, da so ein robusteres von Nutzerinnen und vor allem Sprecherinnen unabhängiges Gerüst möglich ist.

3 Soziale Robotik

Zum Abschluss des ersten, maschinistischen Teils dieser Arbeit und für eine Überleitung zum sprachwissenschaftlichen Part bietet sich eine Einführung und Diskussion des Gebiets der *social robotics* an. Die so genannten *social/sociable robots* stellen eine gesonderte Roboterart dar und können konkret den Unterhaltungs- und Service-Robotern sowie Robotersozietäten zugeordnet werden. *Social robots* können damit als hybride Automatenwesen bezeichnet werden, da ihre Struktur zwar synthetisch ist und aus Technik besteht, ihr Aktionshorizont aber (teilweise) auf menschlichem Niveau angesiedelt ist.

Gründe für die Entstehung eines Bereiches wie *social robotics* gibt Cynthia Breazeal, die durch Kismet und Cog (letzteren in Zusammenarbeit mit Rodney Brooks) zwei der populärsten ‚sozial verträglichen‘ Roboter erschaffen hat: So genannte *humanoid robots* (B. Adams et al., 2000) können als Spiegelbild unserer selbst stehen und uns so neue Erkenntnisse über uns selbst, unsere Evolution und vor allem jene der sozialen Prozesse bereiten. Dabei steht die soziale Entwicklung im Vordergrund, da “from infancy to adulthood, our culture from generation to generation, and our day-to-day existence in society are all profoundly shaped by social factors” (Breazeal, 2002, Seite 1). Ferner können Roboter als Testvehikel für pragmatisch orientierte wissenschaftliche Arbeiten fungieren, an welchen soziale Umgebungen oder Einflüsse erprobt werden können, um so Rückschlüsse auf menschliche Reaktionen in gleichen oder ähnlichen Habitaten durchzuführen.

3.1 Definitionen und Methodologien

Initiiert und erkenntnistheoretisch inspiriert wurde das Gebiet *social robotics* durch den biologisch ausgerichteten Bereich der Robotik. Hierbei kommen Fragen der Evolution zum Tragen, vor allem aber auch Fragestellungen zu potenziellen, interaktiven Verhaltensmustern bei Robotern bezüglich der Bewegung in

einer bestimmten Umgebung, des Verhaltens gegenüber anderen Robotern und gegenüber dem Menschen (Arkin, 1998). Walter Grey und Braitenberg (siehe Kapitel 1) entwickelten hier erste Experimente und Theorien.

Das Aufkommen neuer wissenschaftlicher Felder wie Künstliches Leben (*artificial life*) (Steels & Brooks, 1995; Brooks & Maes, 1996; Kelly, Holland, Scull, & McFarland, 1999; Ziemke & Sharkey, 2001) beeinflusst *social robotics* insofern, als neue Paradigmen angewendet werden, um kollektive Verhaltensmuster oder auch Schwarmverhalten zu untersuchen. *Stigmergy* (Handlungsstimulierung) ist ein Paradigma das von Grassé geprägt wurde. Dieser zeigte anhand sozialer Insektenstämme (z. B. Ameisen) wie durch kollektive Arbeit erstaunlich komplexe Umwelten erschaffen werden können, auch dann, wenn jedes individuelle Insekt offensichtlich autark arbeitet (in Arkin, 1998). Das heißt, dass Planung und Koordination der Aufgabe (bei den Ameisen während der Bauarbeiten) nicht durch die individuellen Insekten selbst kommuniziert werden, sondern durch die physische Umwelt, also das in Arbeit befindliche Gebilde. Die Insekten (oder Agenten) sind mehr vom Bauzustand beeinflusst. Zusammengefasst und auf den Bereich des Künstlichen Lebens sowie die Entwicklung von interagierenden Roboter-Schwärmen bezogen kann man festhalten, dass in der Fauna Vorbilder vorhanden sind, die indirekte Informationsvermittlung durch die Analyse von physischen Umgebungsmutationen beherrschen.

Experimentelle Adaptionen der *stigmergy* Theorie führten Deneubourg und Kolleginnen in den frühen 1990er Jahren durch und simulierten Ameisen ähnliche Roboter. Es folgten weitere Adaptionen und Versuche unter anderem in Multi-Roboter-Systemen oder Verteilten-Roboter-Systemen (*distributed robotic systems*). Die ersten Versuche von Roboter Teamarbeit zeigten jedoch, dass sich der soziale Aspekt lediglich auf die Quantität der Agenten bezog: Die Agenten waren mit einer *behavioral suite* ausgestattet, die aus den drei Grundverhaltensweisen „gehe-zum-Ziel“, „vermeide-Hindernisse“ und „vermeide-Roboterkollisionen“ bestand. Die Fähigkeit untereinander zu kommunizieren (z. B. das Warnen der anderen Agenten vor Hindernissen) fehlte gänzlich.

In der Tierwelt finden sich verschiedene Beispiele für Teamarbeit und Gemeinschaftsverhalten, die auch in der Robotik appliziert werden. Dabei werden drei Hauptsysteme hervorgehoben: Uni-level Organisationen (bei den Fischen), hierarchische Systeme (zum Beispiel bei Pavianen) und Kastensysteme, die typisie-

rend bei Insekten festzumachen sind. Weiterhin werden mindestens drei Hauptkategorien von sozialem Tierverhalten unterschieden (Arkin, 1998):

- Einfaches soziales Verhalten (*sympathetic induction, reciprocal behavior, antagonistic behavior*),
- Paarungsverhalten (*persuasion and appeasement, orientation or approach*),
- Familien- und Gruppenverhalten (*flocking and herding defense-related behaviors, warning, crowding, congregation, infectious behaviors*) sowie Kampfverhaltensweisen (*reproductive fighting, mutual hostility, peck order*).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass aus der Biologie und Ethologie inspirierte Theorien und Ansätze die Prinzipien von Selbstorganisation übernehmen, um insofern ein vielversprechendes Adaptionsmodell für *social robotics* zu erstellen, in welchem soziales Verhalten dafür genutzt wird, einfache Roboter mit komplexen Aufgaben betrauen zu können. Einfache Roboter auch in dem Sinne, dass in Insektensozietäten das Individuum nicht relevant und zudem anonym ist. Diese Adaptionsmodelle implizieren ein Minimum an Steuerung und Überwachung durch den Menschen, was das zu bewältigende Dialogszenario ebenso auf minimalistische Anforderungen reduziert und gleichzeitig Machbarkeit und Erfolgspotenzial steigert.

Im Gegensatz zu den homogenen, nicht-individualistischen Robotergemeinschaften existieren auch heterogene Robotergemeinschaften, in denen das Individuum mit seinen spezifischen Fähigkeiten und Verhaltensmustern von Bedeutung ist und dies die Stärke und den Erfolg der Gemeinschaft ausmacht. Soziales Verhalten wird hier in einem anderen Sinn gefordert und interpretiert – stark angelehnt an menschliche Gemeinschaften oder soziokulturelle Umgebungen.

Social robots are embodied agents that are part of a heterogeneous group: a society of robots or humans. They are able to recognize each other and engage in social interactions, they possess histories (perceive and interpret the world in terms of their own experience), and they explicitly communicate with and learn from each other. (Dautenhahn et al., 2002)

Diese Definition setzt sicherlich vollkommen differenzierte und sehr viel höhere Anforderungen an den Entstehungsprozess eines *social/sociable robot*. Wichtige Eigenschaften oder Charakteristika sind hier Lernfähigkeit und Imitation

sozialer Verhaltensweisen, Gestik, Mimik, natürliche Sprachverarbeitung und -generierung, Emotionsverständnis (Empathie-Kompetenz) und Verarbeitung sowie Erkennung und Einordnung von Interaktionskolleginnen.

3.1.1 ‚Sozialer‘ Interaktionshorizont

Breazeal (2004c) unterscheidet im Rahmen der Mensch-Roboter Interaktion den *sociable robot* klar anhand seiner Interaktionsparadigmen von drei weiteren Roboterformen: Dem Roboter als Werkzeug, als Cyborg-Erweiterung und als Avatar. Sie definiert den *sociable robot* als Roboter, der ein sozialer Partner des Menschen ist und stellt fest: “The last paradigm [robot as sociable partner] speaks to the classic science fiction fantasy of an artificial being. Interacting with it is like interacting with another socially responsive creature that cooperates with us as a partner” (Breazeal, 2004c).

Damit finden sich unterschiedliche Definitionen und Interpretationsansätze des Begriffs *social*. Diese Terminologie wurde bisher immer auf Lebewesen bezogen, und zwar auf eine Gemeinschaft von Lebewesen. *Social robotics* zeigt sich daher auf den ersten Blick als ein Oxymoron, ebenso wie „intelligente Roboter“. Es ist jedoch klar herausstellbar, dass sich die begriffliche Nähe oder Angleichung auf die steigende Integration von Robotern in unsere soziale Umwelt (auf beruflicher wie auch privater Ebene) bezieht (Duffy, 2003) und damit die Notwendigkeit postuliert, eine dem Menschen akzeptable Interaktionsmodalität zu finden.

Auf einer Grundebene lassen sich drei Hauptinterpretationen von *social behaviour* differenzieren:

- (a) Quantität: „Sozial“ ist immer in Bezug auf mehrere Individuen zu verstehen und „soziales Verhalten“ oft nur durch die Interaktion mit anderen Individuen festzustellen.
- (b) Direktheit und Indirektheit: Soziales Verhalten kann mittelbar/indirekt oder unmittelbar/direkt ausgeübt werden und auch festgestellt werden. Mittelbar bezieht sich beispielsweise auf das Verhaltensmuster eines *social robot* in Gemeinschaften oder in kollektiven Aufgabenbereichen. Eine unmittelbare Feststellung von sozialem Verhalten bezieht sich in der Regel auf

die physischen Merkmale und Kompetenzen des Roboters (Dialogfähigkeit, Bewegungsfähigkeit, etc.).

- (c) Gemeinschaften: Ein großer Forschungsbereich von *social robotics* bezieht sich auf eine bestimmte Anzahl von Robotern, die gemeinsam eine so genannte *community task* also Gemeinschaftsarbeit bewältigen sollen. Diesbezüglich kann ein Roboter in einem Umfeld mit anderen Robotern agieren, wobei allerdings differenziert werden kann zwischen einer indirekten oder gänzlich nicht stattfindenden Interaktion der einzelnen Roboter und einer direkten Inter-Roboter-Kooperation.

Diese erste Ebene stellt somit nicht die *social robots* selbst in den Vordergrund sondern beschreibt deren Umwelt (Welt). Eine weitere Ebene sollte sich mit dem Roboter selbst befassen und hinterfragen, was einen *social robot* ausmacht. Hier besteht eine Überschneidung mit den so genannten humanoiden Robotern, welche mittlerweile ein breites Spektrum an Forschungsprojekten insbesondere im Service-Bereich ausmachen. Doch die simple Gleichung „sozial = humanoid“ ist unzureichend, da ein als hochgradig humanoid wahrgenommener Roboter nicht notwendiger Weise auch als sozial anerkannt werden muss. Humanoid bezieht sich oftmals auf die Erscheinung selbst, wie zum Beispiel auf den Grad der Menschenähnlichkeit.

Auf einer zweiten Ebene sollen die unterschiedlichen Intentionalitäten von *social robots* differenziert werden. Es wird argumentiert, dass die Intentionalitäten direkten Einfluss auf die sozialen Kompetenzen dieser Roboter-Spezies haben.

- (a) Informative Roboter: Hierbei handelt es sich um Unterhaltungsroboter, die in bestimmten und diskreten Umgebungen zur Informationsvermittlung eingesetzt werden, wie in Museen oder Einkaufszentren.
- (b) Pflegeroboter: Diese Art der Service-Roboter agiert beispielsweise in Krankenhäusern zur Motorik-Hilfe von älteren Menschen, zur redundanten Basisversorgung (beispielsweise Verpflegung, Raumpflege) aber auch in Form von Haustieren, um hier pädagogisch-therapeutische Vorteile von Haustierpflege und -umgang zu erzielen.
- (c) Spielzeugroboter: Spielzeugroboter dienen der Unterhaltung und gegebenenfalls der Gemeinschaftsbildung (durch die AIBO Online Communities

ergeben sich potenziell neue Absatzmärkte und Käuferinnengruppen). Furby von Tiger Electronics ist ein hamsterähnlicher Roboter, oder Sony's Roboterhund AIBO.

- (d) Kommunikationsagenten: Dieser Bereich behandelt vermittelte Kommunikation durch Roboter-Avatare, welche Internetnutzerinnen die Möglichkeit geben, sich beispielsweise in Chatrooms ein elektronisches Äußeres zu geben. Andere Roboter-Avatare werden zu pädagogischen Zwecken eingesetzt, um durch die Kombination von visuellem und auditivem Input das Lesen am Computer zu vereinfachen.
- (e) Roboter-Assistentinnen: Der letzte Bereich ist zugleich der meist verbreitete auf dem Gebiet der *social robotics*. Diese können persönliche Assistentinnen in täglichen Aufgabenbereichen sein, aber auch in besonderen Umgebungen, wie der menschenähnliche Roboter Robotnaut, welcher am Johnson Space Center von der NASA als Assistentin für Astronautinnen entwickelt wurde.

Diese zweite Ebene zeigt, dass *social robots* mittlerweile von rein objektiven Umgebungen in jeglicher subjektiver und emotionaler Welt des Menschen Eingang gefunden haben. Mit den Pflegerobotern haben wir sicherlich den Intimbereich des Menschen erreicht, während Spielzeugroboter stark auf eine emotionale Ebene ausgerichtet sind. Auch die Roboter-Assistentinnen stellen einen Einschnitt oder Fortschritt dar, da sie als für den Menschen verlässliche, persönliche Begleiterinnen oder Freundinnen wahrgenommen werden sollen.

3.1.2 ‚Soziale‘ Ebene

Menschen sind von Grund auf sozial ausgerichtet (siehe u.a. Breazeal, 2003; Dennett, 1987). Sie nutzen ihre sozial-emotionale Intelligenz instinktiv in allen Lebensbereichen und profitieren meist von ihr. Werden sie mit komplexen nicht-lebendigen Dingen konfrontiert, deren Mechanismus nicht einfach und auf den ersten Blick erkennbar ist, wenden sie instinktiv ein soziales Modell an, um die Funktionsweise oder Verhaltensweise zu erklären (Reeves & Nass, 1996). Darüber hinaus stellten Reeves und Nass fest, dass unser eigenes Verhalten stark reziprok

veranlagt ist, was die Interaktion mit Maschinen (in Reeves' und Nass' Untersuchungen handelt es sich um Computer) angeht. Das heißt, dass wir freundlich reagieren, wenn ein Computerprogramm freundlich wirkt und umgekehrt unfreundlich oder abweisend reagieren, wenn ein Computerprogramm die gleichen Symptome zeigt.

Breazeal (2002) und andere (Dautenhahn et al., 2002) fügen eine weitere Definitionsebene bezüglich *social robotics* hinzu und differenzieren insgesamt sechs Unterarten dieser Roboter-Form:

1. Sozial-evokativ: Diese Unterklasse von Robotern zielt aktiv darauf ab, eine Anthropomorphisierungsmotivation bei Menschen zu erreichen. Dies funktioniert meist anhand von klassischen ‚Opfer-Täter-Mechanismen‘, in welchen der Roboter als hilfsbedürftig und von der Zuwendung der Menschen abhängig erscheint. Beispiele sind die auch in Deutschland seinerzeit sehr populären Tamagotchis, welche sogar zu erheblichen Problemen an Arbeitsplätzen führten, da die Besitzerinnen sich meist tatsächlich emotional zu involviert fühlten, als dass sie ihren Tamagotchi „verhungern“ lassen konnten.
2. Sozial-kommunikativ: Dautenhahn nennt diese Unterklasse *social interface*. Beschrieben werden Roboter, die dem Menschen angepasste, meist paralinguistische Kommunikationsmechanismen wie Aussehen, Gestik oder Mimik beinhalten. Hervorzuheben ist, dass die soziale Interaktionskompetenz hauptsächlich durch die Schnittstelle (*interface*) simuliert wird. Komplexe kognitive Kompetenzen sind nicht unbedingt vorhanden. Beispiele sind die Informativen Roboter (wie unter Punkt (a) in der vorhergehenden Auflistung) in Museen oder die Avatare (d).
3. Sozial-rezeptiv: Diese Roboter sind zwar sozial passiv, stimulieren also nicht selbstständig Dialoge oder Handlungen, können allerdings von Menschen lernen. Damit weisen sie kognitive Fähigkeiten auf einer tieferen Ebene auf als beispielsweise sozial-kommunikative Roboter. Sozial-rezeptive Roboter können motorische Fähigkeiten durch Imitation von menschlichen Bewegungsabläufen lernen oder in der Robotergemeinschaft eigene Proto-Sprachen entwickeln (Steels, 1999).

4. Sozial-kooperativ/sozial: Von Breazeal und Dautenhahn auch *sociable* genannt, handelt es sich bei sozial-kooperativen Robotern um Kreaturen mit eigenen inhärenten Zielen und Motivationen, welche aktiv den Menschen in sozial-kooperative Interaktionen einbeziehen. Dies geschieht zu Gunsten der entsprechenden Person oder zu Gunsten des Roboters selbst. Daher werden die Mensch-Roboter Interaktionen nicht durch den Erfolg des Schnittstellendesigns evaluiert, sondern auf einer pragmatischen Ebene. Diese Unterklasse beansprucht zudem komplexe Modelle sozialer oder empathischer Kognition.
5. Sozial-situiert: Diese von Dautenhahn hinzugefügte Kategorie definiert sich über die Fähigkeit, die Umwelt differenziert wahrnehmen zu können. Es müssen andere Roboter oder Menschen von einfachen Objekten oder Umweltfaktoren unterschieden werden können. Es wird davon ausgegangen, dass sozial-situierte Roboter in ihre soziale oder gesellschaftliche Umgebung eingebettet sind und diese aufnehmen sowie auf sie reagieren können.
6. Sozial-intelligent: Eine Roboterunterklasse, die dem Menschen zugeordnete soziale Intelligenz (Empathie) aufweist. Diese Charakteristika basieren auf Tiefenstrukturmodellen von menschlicher Kognition und sozialer Kompetenz.

3.2 Begriffliche Verortung

Während die letzte Aufzählung eine pragmatisch orientierte Intentionalisierung des „sozialen“ Verhaltensmusters beschreibt, wird an dieser Stelle der Notwendigkeit nachgegangen, den Begriff ‚sozial‘ in Bezug auf die Robotik für die hier vorliegende Arbeit zu definieren. Damit können gleichzeitig unterschiedliche erkenntnistheoretische Paradigmen von *social robotics* erläutert werden. Grundsätzlich lässt sich der Begriff sozial mit der Definition ‚kooperativ‘ und bezüglich der *social robotics* mit ‚kooperative Roboter und Gesellschaften‘ auf den kleinsten gemeinsamen Nenner bringen.

Das Adjektiv *social* aus dem Englischen übersetzt steht für ‚gesellschaftlich‘, ‚gesellig‘ oder in der Ethologie für ‚gesellig leben‘. Im *Oxford English Dictionary*

(OED) finden sich eine Vielzahl von Definitionen und Bedeutungen, doch erscheinen die folgenden zwei Definitionen für diese Arbeit zutreffend: "Inclined or disposed to friendly intercourse or converse; sociable", und "Marked or characterized by mutual intercourse, friendliness, or geniality; enjoyed, taken, spent, etc., in company with others, esp. with those of a similar class or kindred interests".

Weitere, ähnliche Definitionen aus der Biologie zeigen die Vielseitigkeit des Begriffs und ermutigen dazu, *social* für die Mensch-Roboter Interaktion zu adaptieren. Mit Breazeal kommt die lexematische Erweiterung *sociable robot* auf, welche eine gewisse Dynamik und eine potenzielle Prozesshaftigkeit impliziert. *Sociable* wird heute kaum noch in nicht-fachlichen Begriffsrepertoires angewandt – weder im Englischen noch im Deutschen (soziabel). Ausnahmen bestehen in der Ornithologie oder Zoologie. Laut OED wurde *sociable* im Englischen oftmals deskriptiv in der Ornithologie genutzt (*sociable vulture*, *sociable weaver bird* oder *sociable plovers*), allerdings nach strengen, klassifizierenden Vorgaben. Ein weiterer, sehr interessanter Eintrag im OED wird mit 1961 als letztem registriertem Zitat aufgeführt und definiert *sociable* als "A kind of couch with a curved S-shaped back, for two persons who sit partially facing each other". Diese Wortbedeutung oder Nutzung scheint ideal für die Adaption in *sociable robot*, da sie eine Situation beschreibt, die eine passende Metapher für viele Ziele innerhalb der Robotik und KI-Forschung darstellt. Es wird also ein gemeinsamer Raum beschrieben, welcher zwei (oder mehreren Interaktantinnen) ausreichend Platz lässt für ihre eigenen sozio-kulturellen Hintergründe, Erfahrungen, Emotionen und Bedürfnisse. Gleichzeitig unterstützt dieser Raum auf infrastruktureller Ebene eine Annäherung der Personen, wobei der Grad der Annäherung offen bleibt. Darüber hinaus findet sich ein Teil des Kompositums *interface* in dieser Definition wieder ("[...] facing each other"). Damit stellt das semantische Charakteristikum *sociable* eine sozio-semiotische Schnittstelle zwischen Mensch und Roboter dar und definiert eine eigene, semiotische Ökologie.

Nach Kluges Etymologischen Wörterbuch lässt sich der Begriff „sozial“ von „die Gesellschaft betreffend, gesellig“ ableiten. Entlehnt aus dem Lateinischen findet sich „teilnehmend, in Verbindung stehend, zugestellt“. Dieser Begriff wird so unter anderem auch in der Ethologie übernommen, in der Kooperationsverhalten und Kommunikationsstrukturen von Tieren untersucht und erforscht werden (Arkin, 1998). Daneben beeinflusst die Organisationslehre diesen Bereich,

hier steht die Struktur von menschlichen Organisationen (Beruf, Familie, Staat) im Vordergrund. Weitere Punkte, die unter anderem von Arkin als Einfluss auf *social robotics* gesehen werden sind (a) Computermodelle, welche die Adaption von informatischen Methodologien und Modellierungen von *multiprocessing* Architekturen und Parallelen Systemen beinhalten; (b) verteilte Künstliche Intelligenz, die sich mit kooperationsbezogenen Fragestellungen bezüglich Verhandeln, Täuschen oder Kommunikation beschäftigt; (c) die Analyse von geometrischen und kinematischen Problemen insbesondere bei einer Vielzahl von Objekten (Robotern), die sich innerhalb einer Umgebung bewegen, und schließlich das Forschungsgebiet des Künstlichen Lebens (*artificial life*).

Entsprechend der begrifflichen Integration einer aktivischen Prozesshaftigkeit, welche in Definition wie auch Konzeption der *sociable robots* vorhanden ist, wird für die deutsche Übersetzung „soziale Roboter“ bzw. Robotik gewählt. An dieser Stelle soll betont werden, dass die Übersetzung für die vorliegende Arbeit ausgearbeitet wird. Die generelle Anwendbarkeit des Begriffs „sozial“ im Fachgebiet der Mensch-Roboter Interaktion kann sich nur in weiterführenden Diskussionen herausstellen. „Sozial“ wird laut dem Duden Fremdwörterbuch in der Soziologie angewandt und steht für „gesellig, umgänglich, menschenfreundlich“. In Bezug auf die Mensch-Roboter Interaktion soll „sozial“ im Sinne von „zur Geselligkeit/Umgänglichkeit/Menschenfreundlichkeit bereit“ verstanden werden. Der Begriff „sozial“ wäre als Übersetzung unzureichend, ebenso wie „sozialisiert“. Letzterer integriert einen passivischen Charakter, welcher autonomen und intelligenten Robotern widerspricht. Aufgrund des hauptsächlich in anglophonen Sprachräumen angesiedelten Forschungsschwerpunktes der sozialen Robotik wie auch des jungen Charakters dieses Bereichs hat sich eine deutsche Übersetzung bis dato noch nicht durchgesetzt. Erstmals (nach Recherchen der Autorin) findet sich jedoch in der letzten Novemberausgabe 2004 des wöchentlichen Nachrichtenmagazins „Profil“ (das österreichische Pendant zum Spiegel) die Anwendung des Begriffs sozial in Bezug auf Breazeal's *sociable robots* (Breuer & Buchacher, 2004).

3.3 Design-Ansätze

Sicherlich stellt der Design-Ansatz für soziale Roboter eine zentrale Fragestellung dar, welcher durch seine breite Anlegung – von äußeren Aspekten, mobilen Kompetenzen, kommunikativen Fähigkeiten bis zu kosmetischen Detailfragen – das Gebiet der sozialen Robotik gleichzeitig einrahmt wie auch penetriert.

Dautenhahn wählt zwei Hauptrichtungen, welche Designüberlegungen und theoretische Grundsätze eingliedern in „biologisch inspiriert“ und „funktional“. Beide Ansätze zeichnen sich dadurch aus, dass die erkenntnistheoretische Morphologie beim biologisch inspirierten Design im Inneren der Roboter Fuß fasst, während bei den funktionalen Robotern die daseinsbestimmende Struktur durch das Äußere bestimmt wird. Die funktionalen Roboter haben das Ziel, einen sozial-kooperativen Roboter allein durch sein Äußeres zu simulieren, während die internen Strukturen und Kompetenzen nicht notwendigerweise tatsächlich kognitive oder ähnlich wissenschaftlich fundierte Mechanismen und Technologien vorweisen müssen. Ein Beispiel hierfür sind die so genannten *Wizard of Oz*-Szenarien, in welchen Roboter mit authentischer natürlichsprachlicher Kompetenz simuliert werden, indem ein Mensch versteckt die Sprachverarbeitungs- und -generierungsprozesse des Roboters übernimmt.

Die von der Biologie inspirierten Roboter beruhen auf Erkenntnissen aus Ethologie, Humanethologie, Sozialpsychologie, Verhaltensbiologie, Kognitionswissenschaften und anderen Gebieten und ahmen mit und durch ihre inhärenten Strukturen (Technologien) bestimmte Muster sozialer Intelligenz nach, welche an lebendigen Wesen bereits festgestellt und dokumentiert wurden: “Generally speaking, these theories [natural and social sciences] are used to guide the design of robot cognition, behavioral, motivational (drives and emotions), motor and perceptual systems” (Dautenhahn et al., 2002, Seite 5).

Die Hauptargumentationsstrategie für die Adaption von biologischen Theorien auf das Gebiet der sozialen Robotik findet sich in der Analogie, dass ausschließlich die Natur das beste Modell für lebensähnliche Kreationen und Aktivitäten sein kann. Brian Duffy (2000) versucht die Entwicklungsbemühungen um intelligente Roboter – “an autonomous mobile robot capable of exhibiting robust intelligent behaviour” - durch die Betrachtung oder Anwendung von möglichen sozialen Verhaltensweisen voranzutreiben. Hier sieht Duffy *social embodi-*

ment und *social grounding* als wichtige Schritte, um aus der Metapher *social robotics* einen tragbare wissenschaftliche Plattform zu gestalten.

3.3.1 Embodiment – Verkörperung

Mitte der 80er Jahre fasste die *embodiment* Theorie in den Kognitionswissenschaften und der KI-Forschung Fuß. Searle (Searle, 1980a) verkörpert einen wissenschaftlichen Meilenstein in der Kognitionswissenschaft und KI-Forschung, insbesondere das *chinese room argument*. Searle stellte zudem die Dichotomie von *weak / cautious AI (Artificial Intelligence)* und *strong AI* auf. Letztere Position geht davon aus, dass ein entsprechend programmierter Computer tatsächlich einen Geist (*mind*) repräsentieren könne. Vorausgesetzt der Computer verfügt über adäquate Programme, wird von diesem behauptet, er könnte verstehen und daher – logisch gefolgert – auch weitere kognitive Kompetenzen aufweisen. *Weak AI* dagegen nimmt den Computer als wichtiges Werkzeug für das Studium der Erkenntnis über den Geist. Mit dieser Position stimmt auch Searle überein¹.

In Anlehnung an Brooks' *subsumption architecture* (siehe Kapitel 1) und Descartes' Körper-Geist Überlegungen versucht Duffy (Duffy, 2000, 2004; Duffy & Joue, 2000) eine umfassende Definition von *embodiment* aufzustellen, also der Verankerung und phänomenologischen kognitiven Interaktion von Maschine und Umwelt.

Embodiment ist ein Begriff, welcher heute hauptsächlich dem Bereich der KI-Forschung zugeschrieben wird. In der Semiotik wird er oft mit „Verkörperung“ übersetzt, wird aber dem Begriff in der Robotik, der Informatik und der KI-Forschung nicht gerecht. Passender sind „Leiblichkeit“, „Körperhaftigkeit“ oder auch „Das-in-der-Welt-sein“, wobei die Betonung auf der Präposition „in“ liegen muss. Nur diese Betonung macht die physische Interaktion mit der Umwelt deutlich. *Embodiment* postuliert eine aktive und physische Verankerung oder Verknüpfung von Objekt und Umwelt (Objekt kann hier für Maschine wie auch Menschen stehen), auf derer Basis Intelligenz entsteht oder besteht. Das heißt auch, dass Wahrnehmung kein Prozess der Abbildung sensorischer Stimuli auf

¹In Kapitel 4 wird auf diesen Bereich von einer sprachwissenschaftlichen Perspektive aus näher eingegangen.

ein inneres Modell der Welt ist, sondern eine sensomotorische Koordination, die sich immer im Gesamtkonzept eines handelnden Wesens ereignet.

Duffy nutzt konstruktivistische wie auch biologische Ansätze zu *embodiment* und schließt daraus in Bezug auf die Robotik, dass es sich um eine Dichotomie von entweder *IN-world* oder *ON-world* handelt:

The primary distinction between IN- and ON-World embodiment is the notion of the robot *adapting* at both a macro and micro level to its environment or not. The question is whether there is a difference between the performance of a controller with actuators and preceptors (a robot ON its environment) and the behaviour of an agent being a part of its environment (a robot IN its environment). ON-World corresponds to an allopoietic interpretation of embodiment in robotics, while IN-World seeks to approximate the notion of autopoietic embodiment. (Duffy, 2000, Seite 63)

Die Terminologien – insbesondere „Autopoiese“ und „Allopoiese“ – sind entlehnt von Maturana und Varela, welche zwischen Lebewesen und mechanisch-technischen Systemen unterscheiden und fungieren. In der KI-Forschung dienen sie als grundlegendes Unterscheidungsmerkmal zwischen tatsächlicher Verkörperung (oder Körperlichkeit) und einer künstlichen Perspektive von Verkörperung. Autopoiese steht für ‚Sich-Selbstgestalten‘ oder ‚Sich-Selbstmachen‘ (aus dem Griechischen *autos* (selbst) und *poiein* (machen)). Die Begriffe wurden von Maturana und Varela in der Biologie geprägt und von Systemtheoretikerinnen aufgenommen, um gesellschaftliche Phänomene und Gestaltungen zu erklären. Die Terminologie beschreibt das Charakteristikum eines Systems sich selbst zu fördern und die für seine Existenz notwendigen Teile selber zu erzeugen. Darüber hinaus handelt es von der Selbstorganisation lebender Systeme durch ständige Selbsterneuerung, durch aktive, differenzierte selbstfördernde Umwelt(inter)aktion und durch selbstüberschreitende Vervielfachung. Lebewesen zum Beispiel passen sich an ihre Umgebung auf einer Mikro- und Makroebene an, einerseits mit ihren Verhaltensmustern (Makroebene), andererseits auf Ebene der Zelle (Mikroebene). Mechanische und technische Systeme dagegen können sich lediglich auf einer verhaltensbasierten Ebene anpassen und werden daher als allopoietisch (*allo* für fremd) bezeichnet (Duffy, 2000).

Exkurs

Mit der Ideenfindung zur Wahrnehmung entsteht ein Anknüpfungspunkt zu der in Bezug auf die Robotik diskutierten Dialektik von Herrschaft und Knechtschaft, welche auf Hegels Phänomenologie des Geistes zurück geht. Die in diesem Werk entworfene Matrix eines allgemeinen Geistes, welcher durch Bildung schrittweise zu sich selbst kommt, kann auch als adaptionsfähig bezüglich der Robotik angesehen werden. Für die Theorien zu Embodiment ist insbesondere der Begriff der Arbeit von Bedeutung, welcher bei Hegel im Zentrum der Erkenntnis steht und als interessenorientierte zielgerichtete Auseinandersetzung mit der Umwelt beschrieben wird. Die Dialektik von Herrschaft und Knechtschaft entsteht dadurch, dass mit Hegels Auffassung vom allgemeinen Geist, Arbeit als bildend definiert wird, da sich der allgemeine Geist intentional und aktiv mit der Umwelt auseinandersetzt. Der Knecht wird allein durch seine Bestimmung immer gebildeter, während die Herrschaft immer ungebildeter wird, da diese nicht arbeitet. Als Folge dieses Kreislaufs kann sich der gebildete Knecht an seiner Herrschaft abarbeiten und kehrt das Herrschaftsverhältnis um.

Ein sozialer Roboter braucht Emotionen, Verständnis, Bedürfnisse, Präferenzen – eben eine gewisse Persönlichkeit, um überzeugend zu wirken. Diese kann man auch mit Geist gleichsetzen und kommt damit wieder auf die Phänomenologie des Geistes zurück, welche die Geistesgeschichte als Bewusstseinsgeschichte darstellt und dies anhand einer progressiven Geschichtlichkeit (Historizität) des Weges zur Selbsterfahrung und aufgrund einer inhärenten Notwendigkeit als getrieben und reaktiv erklärt.

Innerhalb der methodologischen Implementation des Verkörperungskonzeptes geht Duffy auch auf die Grundüberlegung bezüglich des notwendigen sozialen Charakters von Robotern ein. In Anlehnung an Castelfranchi (zitiert in Duffy, 2004) stellt er fest, dass die Sozialität oder Soziabilität von Robotern hauptsächlich ein Postulat darstellt und weniger auf den inhärenten sozialen Charakter von Roboter-Gemeinschaften eingegangen wird. In der Robotik-Praxis unterscheidet man daher stark zwischen Kooperationsverhalten und Zielerreichung (*goal adoption*) und analysiert dahingehend unabhängig voneinander zwei Szenarien: “social empowerment of a robot” und “task decomposition problem”. Duffy fordert die Aufhebung dieser Dichotomie:

[I]n order to develop an artificially intelligent physically situated robotic entity, embracing a strong notion of social embodiment is a necessary criterion. A robot must have both the capabilities to be social in conjunction with its abilities to solve social problems. (Duffy, 2004)

Diese kohärente Sichtweise ist insofern sinnvoll, da die Kombination von sozialer Identität und Problemlösungsroutinen in Gemeinschaften ein stimmiges rationales Bild eines Roboters zeichnen kann. Ein negatives Beispielszenario könnte einen Roboter beschreiben, welcher beweglich ist, aber nicht Treppensteigen kann. Sollte dieser trotzdem wiederholt versuchen, auf einen Kegel oder Kasten zu gelangen, um ein bestimmtes Objekt von dort zu holen (als Problemlösungsstrategie), würde das Gesamtbild einen irrational handelnden Roboter darstellen. Duffy beschreibt eine bestimmte soziale Roboter-Architektur zur Vermeidung dieser Probleme und als ein grundlegendes Konzept für soziale Roboter: "Each robot has an *identity*, an associated *stereotype* based on its internal and external attributes and the capacity to build *character* representations of other robots in its social environment. A degree of social embodiment is thus achieved" (Duffy, 2004). Damit differenziert Duffy zwischen physischer und sozialer Verkörperung, letztere besteht sobald ein (physischer) Roboter gemeinsam mit weiteren (physischen) Robotern in einer Umgebung interagiert. Die stimmige soziale Interaktion beinhaltet dabei ein komplexes Zusammenspiel von Sensorinput und -verarbeitung und daraus abgeleitet Kommunikation (Dialog) mit anderen Robotern und generelle Plantechniken, um gestellte Aufgaben erfüllen zu können.

Dieses Beispiel bezieht die Interaktion mit einer oder mehreren Nutzerinnen nicht mit ein. Dennoch ist der Ausgangspunkt der sozialen Umgebung, gekoppelt an die Parameter der spezifischen Interaktion, ein sinnvoller Ansatz für die Mensch-Roboter Interaktion. Die Umgebung trägt eine Vielzahl an formalen und sprachlichen Parametern zur Interaktion bei: von Licht- und Akustikverhältnissen und Umgebungsmaßen bis zu sozio-kulturellen Bedingungen wie Sprache, Sprachregister (oder Dialekten) oder schließlich Etikette.

3.3.2 Das Design sozialer Roboter als Baukastensystem

Im Konstruktionswesen gilt es, eine Matrix oder anders ausgedrückt eine Blaupause von einem zu konstruierenden Objekt zu entwerfen. Diese gilt als Basis,

Rahmen oder Struktur sowie gleichzeitig als Fahrplan für die Bauprozesse. Da auch Roboter gebaut und konstruiert werden, findet man im Bereich der sozialen Robotik so genannte Rahmenpläne für sozial-kommunikative Roboter (vgl. Dautenhahn & Billard, 1999; Breazeal, 2002). In "Designing Sociable Robots" definiert Breazeal (2002) eine Art Baukastensystem für den Bau eines sozialen Roboters. Der von Breazeal entworfene Roboter Kismet (siehe Abschnitt 2.3.2) ist mittlerweile zum Synonym für eine neue Art oder Spezies von Robotern geworden.

Breazeals Designvorlage, die sich auf die Forschungsergebnisse von Kismet bezieht, besteht aus fünf Hauptpunkten, wobei diese durch ihre unterschiedlichen methodologisch fundierten Hintergründe bestehen:

- Design-Fragen für soziale Roboter: Grundsätzlich wird das Design des sozialen Roboters dahingehend optimiert, dass dieser so genannte *social cues* empfangen und verarbeiten sowie selbstständig senden kann. Nach Breazeal fallen darunter eine Reihe von Aspekten, die berücksichtigt werden müssen, wie soziale Umgebung, Real-Time-Ausführung, Aufbau von sozialen Erwartungshaltungen, Interaktion durch Selbstmotivation, Regulierung von Interaktionen, verständliche *social cues*, Interpretation von menschlichen *social cues*, qualifiziertes Verhalten in einer komplexen Umgebung und glaubwürdiges Verhalten.
- Design-Ansätze aus der Ethologie, Soziologie und Psychologie: Modelle aus der Ethologie werden zur Adaption für Kohärenz und Persistenz des Gesamtsystems herangezogen, wie auch zur Analyse von externen Einflüssen auf das Verhaltensmuster des sozialen Roboters. Einflüsse aus der Psychologie beziehen sich auf das Design der Aufmerksamkeitsmodellierung (bezüglich der Konzentrierung auf die Interaktion mit der Nutzerin), Mimik oder emotionalen Verhaltensweisen.
- Synthetisches Nervensystem: Das Roboter-Nervensystem besteht aus sechs Subsystemen (*low-level feature extraction system, attention system, perceptual system, motivation system, behavior system, motor system*). Diese sind in einen hierarchischen Rahmen eingebettet, der dem Roboter kohärentes und effek-

tives Verhalten ermöglicht. Abbildung 3.1 zeigt die unterschiedlichen Abhängigkeiten und Verbindungen der Subsysteme.

- Mechanische Aspekte des Nervensystems: Dieser Punkt behandelt das synthetische Nervensystem aus einer ingenieurwissenschaftlichen Perspektive. Für diese Arbeit ist eine detaillierte technische Erläuterung nicht sinnvoll, doch ist die grundlegende Architektur erwähnenswert, welche sich angelehnt an Brooks (1986) auf eine spezifische Agenten-Architektur (*subsumption architecture*) bezieht. Danach funktioniert jedes Subsystem in einer eigenen Sprache (*currency system*), welche ein kompatibles Werte-System beinhaltet, so dass die notwendige Kommunikation zwischen den einzelnen Subsystemen möglich ist.
- Evaluationskriterien (Feedback): Da es sich bei Kismet nicht um einen herkömmlichen Roboter handelt, der entweder als erweitertes Werkzeug oder als Schnittstelle agiert, wurde ein Evaluationsmuster gewählt, welches von den herkömmlichen Mensch-Roboter Interaktionsschemata abweicht. Der soziale Roboter wird in erster Linie in Bezug auf seine Interaktionskompetenzen evaluiert, welche zwar einen hohen subjektiven Charakter haben, aber dennoch quantifizierbar sind. Evaluationsfragen beziehen sich auf die intuitive und natürliche Interpretation der Nutzerinnen von Kismets sozialen Verhaltensmustern, die reziproke Kompetenz von Kismet und zusätzlich wird der Anpassungsgrad (Mensch an Roboter, Roboter an Mensch) hinterfragt.

Im ersten Punkt (Design-Fragen) werden generelle Rahmenbedingungen oder Paradigmen aufgezählt, die in der Planungsphase vorab analysiert und bedacht werden müssen. Hierzu zählen die geplante soziale Umgebung (siehe auch Duffy, 2004, 2000) – der sozial-kommunikative Roboter soll und muss also für eine Umgebung geplant werden, welche ihm Raum und Stimulanz zum Lernen bietet, also eine gewisse Form von Benevolenz integriert. Darüber hinaus erwähnt Breazeal bezüglich der Design-Fragen das Paradigma “establishment of appropriate social expectations”, welches insofern interessant ist, als dieses zum Bereich non-verbale Kommunikation zu zählen ist oder auch zu den genannten sozial-kommunikativen Anhaltspunkten (*social cues*) und daher mit weiteren Pa-

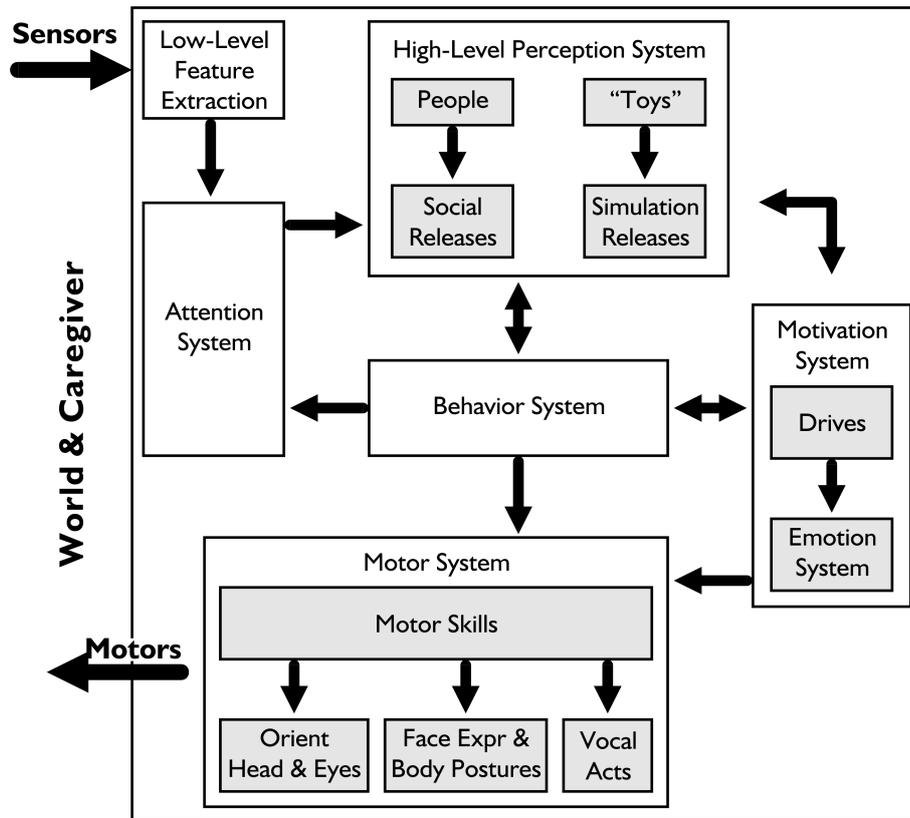


Abb. 3.1: Modellierung eines synthetischen Nervensystems (aus Breazeal, 2002, Seite 44)

radigmen zusammen diskutiert werden kann (*regulation of interactions, readable social cues*).

Mittel der non-verbalen Kommunikation sind Mimik, Körperhaltung, aber auch die menschliche Physiologie, was hier insbesondere von Bedeutung ist. Kismet muss also auch optisch kommunikativ ansprechend sein. Der Roboter muss der Kommunikationspartnerin (oder mehreren) implizit zu verstehen geben, dass man sich a) mit ihm unterhalten kann (also ein allgemeines und konstitutives Kommunikationspotenzial vorhanden ist) und b) man sich gerne mit ihm unterhalten möchte, bzw. dass die Unterhaltung mit ihm ansprechend oder 'lohnend' sein wird. Zusätzlich muss Kismet durch das äußere Erscheinungsbild den Eindruck erwecken, dass es sich noch um ein Kleinkind handelt. Dies ist insofern wichtig und kann nicht erst anhand der ersten verbalen Äußerungen angegeben werden, als ansonsten die Intentionalität der Kommunikationspartnerinnen in ei-

ne gegensätzliche Richtung tendieren kann. Stellt sich diese nicht von Anfang an – also mit Intialisierung des Dialogs – darauf ein, entsteht eine diskursive Kontraproduktivität, welche im Bereich der Robotik schnell u. a. zu einer Form der Technik-Aversion führen kann.

Auf einem differenzierten Ansatz basiert ein rezentes Projekt von Breazeal et al. (Breazeal, Buchsbaum, Gray, Gatenby, & Blumberg, Im Druck). Der soziale Roboter Leonardo imitiert im Gegensatz zu Kismet kein Kleinkind sondern stellt ein ca. 60 Zentimeter großes Fantasy-Tier dar. Anhand versierter Imitationskompetenzen wird die Lernfähigkeit von Leonardo herausgebildet. Diese bezieht sich auf Mimik, Gestik und die Bewältigung von kleinen Aufgaben. Natürliche Sprachsynthese ist nicht implementiert, die Imitationsroutinen bestehen jedoch aus einem Amalgam von natürlicher Spracherkennung und Bewegungs- und Mimik-Imitationen. Darüber hinaus verfügt Leonardo über haptische Stimulus-Respons-Kompetenzen.

Anhand der komplexen Imitationskompetenzen und -routinen erhoffen sich die Wissenschaftlerinnen konkrete Einsichten in menschliche soziale Verhaltensmuster, welche in einer analytischen Schleife in die Mensch-Roboter Interaktion integriert werden können. Methodologisch fundiert wird dieser Ansatz von der *simulation theory* sowie *theory of mind*:

Simulation Theory (ST) is one of the dominant hypotheses about the nature of the cognitive mechanisms that underlie theory of mind (Davies and Stone 1995; Gordon 1986; Heal 2003). It can perhaps best be summarized by the cliché to know a man is to walk a mile in his shoes. Simulation Theory posits that by simulating another person's actions and the stimuli they are experiencing using our own behavioral and stimulus processing mechanisms, humans can make predictions about the behaviors and mental states of others based on the mental states and behaviors that we would possess in their situation. (Breazeal et al., Im Druck)

Dieser Ansatz kann als eine verkapselte Schleife von sozialen Handlungen oder Verhaltensmustern bezeichnet werden, was theoretisch zu einer Komprimierung (Verdichtung) der sozialen Interaktion führen kann. Die grundsätzliche Frage nach der wechselseitigen Angleichung von Mensch und Roboter soll an dieser

Stelle nur ansatzweise mit Dennett beantwortet werden: “Si, abbiamo un anima, ma e fatta di tanti piccoli robot” (Dennett, 2004).

Neben Ansätzen aus Kognitionswissenschaft, Philosophie und Psychologie basiert das technologische Gerüst von Leonardo ebenso auf biologischen Erkenntnissen, insbesondere auf neueren Erkenntnissen im Bereich der so genannten *mirror neurons*. Bei diesen handelt es sich um eine Klasse von Neuronen, die bei Affen nachgewiesen werden konnten. In einem bestimmten Gebiet des Premotor-Kortex der Affen zeigen die *mirror neurons* ähnliche Aktivitäten während der Aufnahme oder Beobachtung von zielgerichteten Aktivitäten und bei eigener Durchführung der gleichen Aktivität. Daraus lässt sich schließen, dass ein gemeinsames Kodierungsmuster für wahrgenommene wie auch eigenständig ausgeführte Handlungen existiert. Für das Ziel der reziproken Verhaltensmuster von Mensch und Roboter wird angenommen:

A mirror neuron-like structure could be an important building block in a mechanism for making predictions about someone else's intentions and beliefs by first locating the perceived action within the observer's own action system, identifying one's own beliefs or intentions typically possessed while carrying out that action, and then attributing them to the other person. (Breazeal et al., Im Druck)

Sicherlich ist bezüglich dieses Ansatzes zu fragen, inwiefern das äußere Design von Leonardo als hilfreich oder kontraproduktiv in der Mensch-Roboter Interaktion angesehen werden kann. Die Wahl eines Fantasy-Tieres als aussagekräftiger Spiegel menschlicher Verhaltensmuster birgt bestimmte Nachteile was beispielsweise das Imitieren menschlicher Mimik und Gesten betrifft. Hier verhindert das synthetische Fell von Leonardo die Imitation feiner Gesichtszüge und Bewegungen. Ferner kann die fiktionskonforme Modellierung von Leonardos Hand, welche lediglich aus drei Fingern und einem Daumen besteht, in der non-verbale Kommunikation für bestimmte Gesten hinderlich bzw. unzureichend sein.

Andererseits bestätigt die Design-Wahl Leonardos die von Mori (Reichardt, 1978; Bryant, 2003) aufgestellte *uncanny valley*-Hypothese. Nach dieser kann ein zu hoher Grad an Anthropomorphismus eine Ablehnung der Roboter seitens der Nutzerin bewirken². Ferner spricht die Wahl eines Fantasy-Tiers für die hohe Penetration von durch Science-Fiction Inhalte geprägte Robotervorstellungen, so

²Für eine detaillierte Diskussion und Erläuterung dieser Hypothese siehe Kapitel 6.

dass eine Veränderung der Akzeptanz oder Vorstellung bezüglich künstlicher Wesen vorstellbar ist.

3.3.3 Soziale Robotersozietäten

Wie bereits einführend erwähnt, verfolgt man mit der Entwicklung und dem Einsatz von Robotern zwei Hauptziele (Breazeal, 2002): Zum einen sollen Roboter durch ihre Arbeiten den Menschen unterstützen oder ihm sogar gefährliche oder schwierige Aufgaben abnehmen. Zum Anderen aber verspricht man sich vom Robotereinsatz neue Erkenntnisse bezüglich der menschlichen kognitiven und sonstigen Fähigkeiten. Ein solches Phänomen betrifft unter anderem auch natürliche Sprache, von Spracherwerb und Sprachgenerierung bis zur Sprachverarbeitung.

Luc Steels unternimmt in seinem Ansatz eine adaptierte Modellierung von Sprachgenerierung bei Roboter- und Agentensozietäten, um so a) eine Kommunikationsform und Modalität für Automaten zu generieren und b) um zu neuen Hypothesen bezüglich des Ursprungs der Sprache zu gelangen. Relevant für die hier vorliegende Arbeit ist dabei, dass Steels von der Grundannahme ausgeht, dass Sprache kein geschlossenes Regelsystem, sondern ein kreativer Prozess ist.

Language is not a uniform abstract system of rules (and definitely not an innate system of rules) but a creative open-ended complex adaptive system, like a natural ecology, in which certain solutions to relate forms with meaning become temporarily conventionalised in the community, even though new creative solutions emerge almost any time someone speaks. (Steels, 1999, Seite 3)

Damit wird Sprache als ein adaptives Repräsentationssystem definiert, das die Übermittlung von bedeutungsvollen Zeichen ermöglicht. Das Charakteristikum „adaptiv“ kann dann anerkannt werden, wenn Sprache sich erweitert oder verändert um mit neuen Bedeutungen umzugehen. Ferner muss Sprache als adaptives System grundsätzlich ein offenes System sein, so dass jederzeit neue Agenten in die Kommunikation eintreten können. Dieses offene System wie auch der inhärente Kreativitätsfaktor lässt Freiraum für die Herkunft der Interaktantinnen, es wird demnach nicht festgelegt, ob es sich ausschließlich um Menschen oder künstliche Wesen handeln muss.

Emergenz und Massenphänomen

Eine weitere, zentrale Hypothese Steels' ist, dass es sich bei Sprache um ein emergentes Phänomen handelt. Dieses definiert sich laut Steels erstens aus der Tatsache, dass Sprache ein Massenphänomen ist, welches sich aus der Interaktion unterschiedlicher Agenten und Roboter realisiert und über welches kein Individuum einen vollständigen Überblick oder totale Kontrolle hat. Ontogenetisch ist Sprache emergent, da sie in der Entwicklung des Kindes immer dann Erscheinung tritt, wenn bestimmte physiologische, psychologische und soziale Bedingungen gegeben sind.

Als analogisches Pendant nutzt Steels die Evolutionslehre im Hinblick auf den Ursprung der Sprache. Da genetische Selektion auf Reproduktionserfolg beruht, kann auch sprachliche Selektion auf Kriterien beruhen, welche von der sprachlichen und kommunikativen Wirkung einer Regel abhängig sind. Als Beispiel nennt Steels Selektionsbedingungen für ein neues Phonem oder für eine neue Kombination von Phonemen:

Leichtere Produzierbarkeit und Reproduzierbarkeit für den Sprecher (die Artikulatoren müssen die erwünschten Zielzustände möglichst mit einem Minimum an Energie erreichen können) und leichtere Verständlichkeit für den Hörer (im Signal muss genügend Information enthalten sein, um den Ton verlässlich zu identifizieren und ihn von anderen im Repertoire zu unterscheiden). (Steels, 2001a)

Im "Talking Heads" Experiment wendet Steels eine *bottom-up* Methode an, durch welche nicht nach einem Weg oder entsprechender Programmarchitektur gesucht wird, um auf Robotern natürliche Sprache (des Menschen) zu implementieren, sondern ein Szenario entwickelt wird, in welchem Robotergemeinschaften genügend Kompetenzen und Freiraum haben, um eine eigene Kommunikationsform zu entwickeln: "In this approach, the human designer does not put his or her language and concepts into the computer, but tries to set up systems that autonomously generate their own" (Steels, 1999, Seite 6).

Der Experimentaufbau besticht durch seine Vielzahl an möglichen Datenkanälen: Interne wie auch externe Sensoren, innere Motivationszustände, Bewegungszustände, etc. Damit wird ein eigenes Roboter-Ökosystem kreiert, in welchem sich die Roboter dynamisch verhalten können und sollen. Die Roboter selbst sind

stark heterogen gebaut. Bedeutung wird erzeugt anhand von Vergleich- und Unterscheidungsroutrinen zweier Gegenstände oder Situationen durch ein gegebenes Repertoire an Merkmalsdetektoren. Die Agenten nehmen anhand der unterschiedlichen Datenkanäle (Sensoren) kontinuierlich die Werte der wirklichen Welt auf und definieren hieraus diskrete Merkmale. So kann ein Agent ein Objekt anhand einer Liste von Klassen einordnen und erkennen und gleichzeitig das eigene Repertoire an Merkmalen erweitern (wenn zum Beispiel das Objekt leicht abweichend ist) und so die Liste von Klassen erweitern. Ferner kann ein Agent Merkmale einer Situation anhand eigener Erfahrungswerte (Bedeutungen oder Merkmale) und durch Deduktion voraussagen, also planen. Erfolg beispielsweise in einem Spiel-Szenario wird durch eine erfolgreiche Vorhersage definiert, während Misserfolg nicht zum Stillstand führt, sondern zur Bildung verbesserter Merkmale und gegebenenfalls sogar zum Umbau der Deduktionsregeln.

Steels geht von der in der Mensch-Roboter- und KI-Forschung vorherrschenden These aus, dass Intelligenz untrennbar verbunden ist mit sozialer Interaktion. Demnach kommt dem rational und kohärent agierenden Objekt mehr Bedeutung zu als die tentative Implementierung eines künstlichen Gehirns. Dies bestätigt auch die Forderung Brooks' "Intelligence must have a body" (Brooks, 1986), welche u. a. Mitte der 1980er Jahre zum Paradigmenwechsel in der KI-Forschung führte³.

Tatsächlich bieten die Ergebnisse des "Talking Heads" Experiments einen interessanten Korpus für Linguistinnen. Denn im Rahmen von komplexeren Experiment-Einheiten wurden die Agenten mit Relationen zwischen aktiven und passiven Objekten konfrontiert (z. B. eine Hand, die nach einem Ball greift). Aus dieser Situation heraus entwickelten die Roboter eine spezifische Kasus-Grammatik, indem sie beispielsweise „Push red wa blue ko“ ausgaben, was ungefähr mit „jemand drückt ein rotes Objekt gegen ein blaues Objekt“ übersetzt werden kann. Mit der expansiven Struktur des Projektes (1999 wurde das Experiment in einer Reihe von Städten durchgeführt, zusätzlich zu der Möglichkeit über das Internet teilnehmen zu können) konnte zeitweise ein Korpus von 8.000 Roboter-Lexemen (Wörtern) aufgebaut werden, von insgesamt 3.000 beteiligten Robotern oder Agenten (Schmid, 2002).

³In diesem Zusammenhang spricht man auch vom Wechsel von der GOFAI (*good old-fashioned AI*) zum kognitiven (*embodied cognitivist*) Ansatz.

3.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend ist zu den unterschiedlichen Ansätzen von sozialen Robotern aus sprachwissenschaftlicher Perspektive festzuhalten, dass die Absenz von natürlicher Sprachsynthese und überzeugender Spracherkennung einen Nachteil dieser Roboter ausmacht. Dennoch ist das Konzept der sozialen Roboter für die sprachwissenschaftliche Entwicklung der Mensch-Roboter Interaktion in diversen Punkten ausschlaggebend. Das Konzept der sozialen Verkörperung, welche die soziale Umwelt wie auch Aufgabenbewältigung integriert, bietet eine tragfähige Perspektive für sprachwissenschaftliche Konzepte von Verkörperung und Umwelt. Sprache und Zeichenkonzepte können demnach als soziale Einheiten in der Interaktion von Mensch und Automat betrachtet werden, welche aufgrund ihrer paradigmatischen Fundierung (die Zeichenmodelle, siehe Kapitel 4) eine eigene Umwelt darstellen, die an das Gesamtkonzept der sozialen Verkörperung (Duffy, 2004) anzupassen ist.

Als methodologische Schnittstelle kann hierzu das Konzept des algorithmischen Zeichens aus der Semiotik (P. B. Andersen, 2003b; Nake, 2001, 2004) fungieren, wie auch ein soziolinguistischer Ansatz bezüglich der Kompetenz unterschiedlicher Codes. Nach Bernstein (1971) kann dies in der Soziolinguistik auf der Basis der *restricted* und *elaborated codes* diskutiert werden. Als übergreifendes Metakonzept bietet sich jedoch nach Ansicht der Autorin ein diskurstheoretischer Ansatz an, da dieser eine Integration der unterschiedlichen maschinistischen Paradigmen und Methodologien ermöglicht.

Hierunter zählt wiederum Duffys Ansatz der sozialen Verkörperung, welcher auf die Analyse der spezifischen Diskursräume bezogen werden kann. Breazeals Theorie der wechselseitigen Adaption von sozialen Verhaltensmustern von Mensch und Automat stellt dagegen interessante Ausgangspunkte für die kritische Diskursanalyse dar: Bezüglich der Frage, wie sich die Machtverhältnisse zwischen Mensch und Roboter durch Sprache konstituieren und inwiefern sich diese potenziell entwickeln können. Darüber hinaus bieten die komplexen non-verbalen Fähigkeiten der sozialen Roboter (welche bei Breazeal auf lernfähigen Imitationsroutinen basieren) eine konkrete Parallele zu linguistischen Modellen, wie beispielsweise Deixis, oder paralinguistischen Systemen.

Mit Steels' Ansatz schließt sich der Kreis vom maschinistischen Modell zur sprachwissenschaftlichen Analyse, indem hier soziolinguistische Faktoren angesprochen werden. Hinzu kommt die Entstehung einer Korpus-Grundlage zur diskurstheoretischen Analyse von Sprachverhalten und Diskursen in Roboter-Gemeinschaften.

4 Linguistische Verortung der Mensch-Roboter Interaktion

Die Beschäftigung mit Medien wie Film oder Video in den philologischen Disziplinen (Klinger, 1988) hat die Unabdingbarkeit methodologischer Fundierung – bisweilen auch ex negativo – mit aller Deutlichkeit erwiesen. Die bloße Integration neuer technischer Medien ergibt noch keine Medienphilologie. Erst die Formulierung eines spezifischen Erkenntnisinteresses in Bezug auf einen medialen Kontext läßt das bloß Additive hinter sich. (Wallmannsberger, 2002, Seite 133)

Der inhärent appellative Charakter der Aussage Wallmannsbergers ist ohne weiteres für eine Integration der Sprachwissenschaften in ingenieurwissenschaftlich und informatisch dominierten Feldern wie der Mensch-Computer oder Mensch-Roboter Interaktion zu übernehmen. In Bezug auf die Entwicklung eines automatenphilologischen Ansatzes in der Mensch-Roboter Interaktion ist dabei zu betonen, dass (in Anlehnung an Wallmannsbergers Aussage) eine bloße Integration von Automaten (Robotern) noch keine Automatenphilologie ergibt. Somit wird an dieser Stelle – bzw. in diesem zweiten Teil der Arbeit und nach der Diskussion maschinistisch geprägter Modelle im ersten Teil der Arbeit – der Versuch unternommen, das Fachgebiet Mensch-Roboter Interaktion sprachwissenschaftlich zu verorten.

Wie aber formuliert sich das spezifische Erkenntnisinteresse einer Integration der Linguistik in die Mensch-Roboter Interaktion? Aus Sicht der Linguistik z. B. Computerlinguistik besteht eine Motivation darin, grundlegende linguistische Fragen über das Warum, Wie und Wozu menschlicher Kommunikation zu beantworten (vgl. Knapp, 2004). Nach Lenders' und Willées Lehrbuch zur Computerlinguistik steht die Computerlinguistik „in *erster Linie* im Dienste des

wissenschaftlichen Ziels der Linguistik/Sprachwissenschaft, Theorien und Modelle über menschliches Sprachverhalten und sprachliche Kommunikation zu verbessern und zu optimieren“ (Lenders & Willée, 1998, Seite 11). Stellt man dies dem pragmatisch motivierten Ziel der soziablen Robotik gegenüber, nach welchem der Roboter als künstliches Modellierungsvehikel menschlicher sozialer Verhaltensmuster angewendet wird (vgl. Breazeal, 2002), kann nach Auffassung der Autorin folgendes Erkenntnisinteresse einer Integration der Linguistik in die Mensch-Roboter Interaktion formuliert werden:

Die Linguistik bedient sich der Mensch-Roboter Interaktion, um linguistische Modelle und Theorien über menschliches Sprachverhalten zu erproben und zu evaluieren. Dabei bietet das reduktionistische Modellvehikel (der Roboter) eine methodologische Grundlage für die Anwendung von Modellen aus der Theoretischen Linguistik und Logik. Die Interaktion mit dem Menschen fungiert dagegen als ein Anwendungsfeld der Soziolinguistik, Psycholinguistik und Pragmatik.

Soziolinguistische Anwendungsbeispiele beziehen sich auf die unterschiedlichen Sprachverhaltensmuster, also den Einsatz von unterschiedlichen Soziolekten, Idiolekten und Registern (vgl. Tenbrink, 2003; Friedman et al., 2003). Theorien aus der Psycholinguistik werden unter anderem in den Bereichen Spracherwerb (Breazeal, 2002, 2003; Crangle & Suppes, 1994) oder Sprachevolution (Cangelosi & Parisi, 2002; Steels, 2002, 1999) angewandt. Aus der Pragmatik sind Projekte zu finden, die zum Beispiel Ansätze aus der Sprechakttheorie (Duffy & Jacobus, 2003) oder den Grice'schen Konversationsmaximen (Hausser, 2000; Wagner, 2002) nutzen.

Generell ist jedoch zu bemerken, dass die Anwendung linguistischer Modelle und Theorien in der Mensch-Roboter Interaktion hauptsächlich von Ingenieurinnen oder Informatikerinnen durchgeführt werden, selten von Linguistinnen oder anderen Geisteswissenschaftlerinnen¹. Im zweiten Teil dieser Arbeit wird das Desiderat einer linguistischen Perspektive aufgegriffen und auf der Basis einer Anthologie von unterschiedlichen Forschungsansätzen der Mensch-Roboter Interaktion durch sprachwissenschaftliche Ansätze metatheoretisch angereichert und verortet. Wie bereits in der Einführung dargelegt wurde, ist diese Arbeit interdis-

¹Eine Ausnahme stellen unter anderem Computerlinguistinnen bezüglich der Entwicklung von Sprachsynthese- und Spracherkennungssystemen dar.

ziplinar verwoben und soll damit Linguistinnen, Ingenieurinnen oder Informatikerinnen als Grundlage und Ansatzpunkt für weitere Arbeiten in der Mensch-Roboter Interaktion dienen und das Feld gleichsam methodologisch wie auch ideologisch mit einem sprachwissenschaftlichen Ansatz deduktiv erweitern.

Für eine linguistische Verortung der Mensch-Roboter Interaktion und sicherlich auch in Hinblick auf die Kreation einer weiter auszubauenden, automatenphilologischen Plattform werden in dieser Arbeit die drei linguistischen Gebiete Semiotik, Pragmatik und Diskurstheorie als grobe Koordinaten gewählt.

Während Pragmatik und Diskursanalyse als – metaphorisch gesehen – Longitudinalen fungieren, die sich zeitlich wie auch methodologisch ergänzen und verknüpfen lassen, soll die Semiotik als Latitüde fungieren, welche die beiden Längengrade schneidet, also (partiell) infiltriert und verbindet.

4.1 Semiotik

Als methodologische Verortung einer sprachwissenschaftlich orientierten Mensch-Roboter Interaktion bietet sich die Semiotik an, da die Dichotomie einer Manipulation von Symbolen und Objekten (Winograd, 1972) einen eindeutig zeichenhaften Charakter beinhaltet. Ein Zeichenprozess kann demnach als eine Form der Manipulation bezeichnet werden, in welcher ein Prozess durch eine oder mehrere dritte Partei(en) ausgelöst oder sogar möglich gemacht wird. Nach Piotrowski (1988) besteht ein jeglicher einfacher Kommunikationsprozess aus zwei semiotischen Phasen, also Zeichenmanipulationen: “[T]he first stage takes place while generating a message, and the other one while receiving and decoding a message” (Piotrowski, 1988, Seite 527).

Die semiotische Latitüde wird in den folgenden Ausführungen dem Gegenstandsbereich der Computersemiotik angepasst. Dieser Schritt soll keinesfalls eine grobe Einschränkung oder auch einen restringierten Betrachtungswinkel semiotischer Modellversuche und Ansätze für die Mensch-Roboter Interaktion bedeuten. Wie sich zeigen wird, weist gerade das Gebiet der Computersemiotik ein hohes Maß an Vielseitigkeit und interdisziplinären Verästelungen auf.

Optimistisch gesehen ist dabei die Novität des Gebiets gleichzeitig dessen stärkstes Atout, da man sich noch in einer Phase der theoretischen Festlegung und Verankerung befindet, was gleichzeitig die konstituierende Präambel für eine Übertragung auf die Mensch-Roboter Interaktion ist.

Nake greift die neueren Diskussionen und Entwicklungen um die Verbindung von Sprache (oder Zeichen) und Technik aus einer informatischen Perspektive auf und postuliert die Informatik als *Technische Semiotik*.

Das wäre eine ins Technische gewendete Semiotik, eine technisch-konstruktiv orientierte Zeichentheorie. Das Verhältnis einer solchen Technik, einer Semioteknik, zu ihrer theoretischen Herkunft, der Semiotik, wäre in Analogie z. B. zum Verhältnis der Elektrotechnik zur Physik zu sehen. (Nake, 2001, Seite 736)

In Analogie zur begrifflichen Verortung des *Computer Engineering* finden sich für Nakes semantische Definitionsdemarkationen einer Informatik auch *Semiotic Engineering* (De Souza, 2001) oder *Computational Semiotics* (P. B. Andersen, 1990, 2003b).

In seinen Ausführungen zum algorithmischen Zeichen gibt Nake einen geschichtlichen Überblick über die unterschiedlichen semiotisch geprägten Sichtweisen auf Software und Computer. Er stellt heraus, dass ein gemeinsamer Impetus der Arbeiten zur Semiotik algorithmischer Prozesse speziell auch die Interaktion von Mensch und Computer umfasst: „Keine Frage: hier, auf der Ebene der Benutzung, wo es der Erscheinung nach kommunikativ zugeht, *müssen* die Zeichen auftreten, wenn eine theoretische Fundierung gesucht wird [...]“ (Nake, 2001, Seite 738).

In Bezug auf den Zeichenaustausch zwischen künstlichem System (Roboter) und lebendem sozialem System (Mensch) kann die Semiotik als ein Verkapselungsprozess betrachtet werden, der Zeichenprozesse bis zu einer unendlichen Abfolge nach sich ziehen kann. Durch die Abstraktion der Semiotik auf die Idee der Manipulation lassen sich hierunter direkt und indirekt die Manipulation von Objekten durch vorhergehende Manipulation von Zeichen verstehen. Das Zeichen fungiert in der Mensch-Roboter Interaktion somit sowohl als Informationsträger als auch als Handlungsinitiator, da der Roboter durch Zeichenmanipulati-

on (z. B. ein bestimmtes Programm) in der Lage ist, Objekte zu manipulieren (z. B. Industrieroboter).

Andersen (2004) unterscheidet insgesamt fünf semiotische Ansätze in der Informatik und Mensch-Computer Interaktion, welche für diese Arbeit übernommen werden sollen:

- Goldkuhl & Lyytinen sowie Winograd & Flores betrachten Computer als Werkzeuge zur Abbildung von Sprechakten. Dabei werden Zeichen als konkrete Verhaltensweisen bewertet.
- Rasmussen vertritt den Bereich der Computersemiotik, der untersucht, welche Zeichen in kognitiven Prozessen (z. B. bei einer Kontrollraum-Mitarbeiterin) Wissen repräsentieren. Dies geschieht mit einem pragmatischen Bezug auf den optimierten Einsatz von Zeichen-Typen.
- Piotrowski, Declés und Andersen bewerten das Zeichen als System, wobei Declés auf die Maschinen-Architektur als Zeichensystem fokussiert und Andersen als theoretische Basis strukturalistische Ansätze von Hjelmslev nutzt, um semiotische Aspekte von Computersystemen zu diskutieren.
- Hermeneutische Methoden für die Einschätzung und Analyse von Nutzerinnen-Interpretationen der Schnittstellen werden von Boland vertreten.
- Nadin und Andersen befassen sich mit ästhetischen Fragestellungen des Schnittstellen-Designs.

Somit befassen sich drei der Ansätze mit der Schnittstelle zwischen Nutzerin und System, womit das Schnittstellen-Design wiederum als dominierendes Interessenobjekt in der Computersemiotik zu betrachten ist. Eine Erklärung für diese Tendenz kann mit der Wahrnehmbarkeit oder auch der Zugänglichkeit der Zeichen-„Umgebung“ gegeben werden: Die Schnittstelle ist der Teil des Computers, der für alle Nutzerinnen sichtbar und daher auch wahrnehmbar zugänglich ist. Die dahinter liegenden Programme und Algorithmen oder technischen Schaltkreise (mit welchen sich unter anderem Declés befasst) sind lediglich für eine sehr geringe Anzahl von „Nutzerinnen“ gedacht, in der Regel Konstrukteurinnen, Computertechnikerinnen oder Systemadministratorinnen.

Definitionen der Computersemiotik

Figge (1991) unterscheidet zwei verschiedene Arten der Computersemiotik, legt sich jedoch auf die von ihm formulierte Definition der Computersemiotik fest als „eine Disziplin, die Struktur und Funktion aller Zeichen untersucht, mit deren Hilfe sich die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine vollzieht“ (Seite 322).

Mit dieser Formulierung erschließt Figge zudem das Teilgebiet der Computerlinguistik, das sich mit natürlicher Sprache als Mittel der Mensch-Maschine Kommunikation befasst. Parallel zu Andersen (1990) verbindet Figge die Computersemiotik mit der Informatik durch die gemeinsame Schnittstelle der Software-Ergonomie und passt sich damit der vorherrschenden Auffassung von Computersemiotik in Bezug auf Informatik und potenziellen Beiträgen dazu an. Software-Ergonomie kann komplementär zu den Gebieten Mensch-Maschine Kommunikation, Schnittstellen-Design und *usability engineering* gesehen werden, zu denen eine Vielzahl an Ansätzen und Methodologien unter anderem von Nielsen (1993), Floyd (2002), Laurel (1990) oder Shneiderman (1987) vertreten werden. Darüber hinaus kann der Bereich des Schnittstellen-Designs auf weitere Untergebiete ausgeweitet werden, wie beispielsweise Internetseiten-Gestaltung (Nielsen, 1999), Produktdesign oder ubiquitäre Computeranwendungen.

Figge stellt eine Zusammenhaltung bezüglich einer Bezeichnungsdeckung in Semiotik und der Software-Ergonomie fest und geht davon aus, dass der Aufgriff semiotischer Fachtermini und Konzepte in der informatisch-ingenieurwissenschaftlichen Software-Ergonomie oftmals unbewusst über die Existenz des Faches Semiotik per se erfolgt (vgl. hierzu P. B. Andersen, 2003b).

Als Unterdisziplin der Semiotik dargestellt, legt Figge folgenden Rahmen für die Hauptaufgaben der Computersemiotik fest: Analyse und Systematisierung der Mensch-Maschine Interaktion unter den Aspekten der Manifestation innerer Zustände von Computersystemen und der Beeinflussung dieser inneren Zustände durch Manipulation von Peripherie-Geräten. Dabei unterscheidet er zwischen drei Arten von Einstellungen zu Computern: „1. Computer als Arbeitsinstrument, 2. Computer als Partner, 3. Computer als Modellierer von Wirklichkeit“ (Figge, 1991, Seiten 324-327). Bezüglich der Arbeitsmittel wählt Figge gleichfalls

einen trimetrischen Ansatz und differenziert formalsprachliche, natürlichsprachliche und graphische Verfahren.

Eine allgemeinere Definition von Computersemiotik bezieht sich auf diese als ein methodologisches Vehikel, das in Bezug auf die Produktion oder Kreation von künstlichen (Lebens-)Formen angewandt werden kann.

So, as for today, Computational Semiotics can be viewed as a proposition of a set of methodologies that, in some way, try to use the concepts and terminology of semiotics, but composing a framework suitable to be used in the construction of artificial systems. The main issue in this case is the intention to synthesize semiotic systems and implement them within digital computers. Despite being a new inborn science, computational semiotics seems to bring important contributions that, despite still not complete and definitive, help us in understanding the nature of semiotic processes and allow their synthesis and implementation within computational platforms. (Gudwin, 1999, Seite 2)

Die *Computational Semiotic Group* der *State University of Campinas* in Brasilien sieht Computersemiotik als einen Versuch, den semiotischen Zyklus innerhalb eines Computers zu simulieren. Dies wird als elementarer Prozess beim Design von autonomen künstlichen Systemen gesehen, aufgrund dessen die Systeme intelligentes Verhalten entwickeln können. Unter intelligentem Verhalten versteht die *Computational Semiotic Group* um Gudwin die Fähigkeiten der Perzeption, des Aufbaus eines Weltmodells und eines Wertesystems sowie die Fähigkeit der Generierung von Verhaltensweisen.

Computational Semiotics refers to the attempt of emulating the semiosis cycle within a digital computer. Among other things, this is done aiming for the construction of autonomous intelligent systems able to perform intelligent behavior, what includes perception, world modeling, value judgement and behavior generation. [...] the key issue of this study is the discovery of elementary, or minimum units of intelligence, and their relation to semiotics. (Gudwin, 2000)

Computersemiotik, als Schnittpunkt zwischen Semiose und maschineller Datenverarbeitung betrachtet, ist primär und konstitutiv von der Auffassung des Zeichens per se und des Zeichenprozesses abhängig (Mehler, 2004). Andersen

dagegen vertritt eine *bottom-up* Strategie, indem er die Semiotik von ihrem weiten Anwendungshorizont auf die Computersemiotik überträgt:

Semiotics is the science of signs and their life in society. Its subject is all kind of signs: verbal language, pictures, literature, motion pictures, theater, body language. Computer semiotics is a branch of semiotics that studies the special nature of computer-based signs and how they function in use. (P. B. Andersen, 1990, Seite 3)

Für diese Arbeit soll insbesondere Andersens Interpretation des Computers als Zeichensystem und Zeichenprozess herangezogen werden. Hiernach werden die Hauptfunktionen und Charakteristika des Computers von den Nutzerinnen rezipiert und interpretiert, wobei die Interpretationen in keiner Weise auf Computerdaten an sich oder inhärente Algorithmen basieren. Andersen sieht also Semiotik insofern als keine exakte Wissenschaft, als diese sich nicht als Methodologie für formale Logik und Mathematik bezüglich eines Computers eignet (z. B. die Berechnung von Algorithmen oder Programmroutinen). Im Kontext der Interaktion mit Robotern ist daher die Computersemiotik – auch in Anlehnung an Rasmussen – als ideales Werkzeug für die Modellierung kognitiver Prozesse im Menschen implementierbar. Der Mensch erfasst Roboter somit als Zeichen-Vehikel, das eine bestimmte oder mehrere Botschaften kommuniziert.

Andersens grafische Modellierung der Computersemiotik stellt das Zeichen in den Mittelpunkt, von dem drei Hauptrichtungen ausgehen: *Signs as artifacts*, *signs as behavior* und *signs as knowledge*. Zusätzlich beschreibt das Modell die unterschiedlichen Forschungsrichtungen und Ansätze, auf die sich die informatische Interpretation des Zeichens bezieht (siehe Abbildung 4.1).

Neben Reeves und Nass (1996), welche die Erwartungshaltungen des Menschen oder die unterschiedlichen Formen des Wahrnehmens des Computers verfolgen, finden sich ähnliche Ansätze im Bereich der soziablen Robotik (Breazeal, 2002; Duffy, 2000; Kanda et al., 2004; Schroeder, 2002). Dabei steht hier primär die Kommunizierbarkeit der Soziabilität des Roboters im Vordergrund. Darüber hinaus ist bei Dautenhahn, Fong und Nourbakhsh (2002) die Idee des Roboters als Zeichen-Vehikel auf einer abstrahierten Ebene zu finden, und zwar durch den Einsatz des Roboters als therapeutisches Objekt im Zusammenhang mit autistischen Kindern und Erwachsenen. Interessant ist hier, dass bei Dautenhahn der Roboter ein stimulierendes Vehikel der Semiose darstellt, da dieser soziale

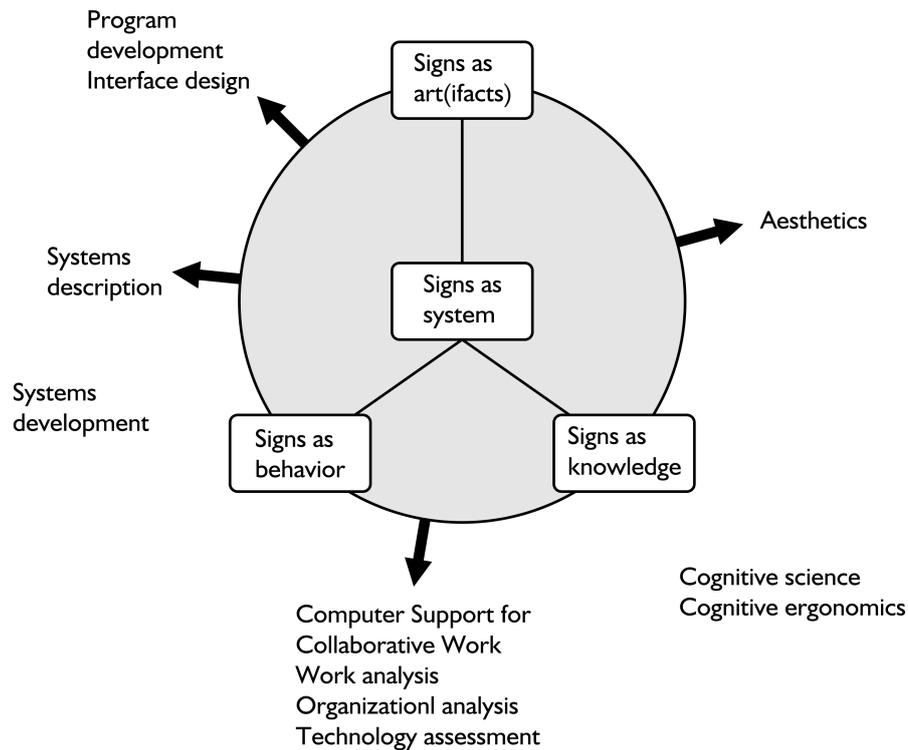


Abb. 4.1: Exemplarisches Modell der Computersemiotik (aus P. B. Andersen, 1990, Seite 18)

Interaktionskompetenz sowie Kommunikationsfertigkeiten der autistischen Kinder und Erwachsenen anregen und fördern soll.

Der von Mori beschriebene *uncanny valley effect* (in Reichardt, 1978; Bryant, 2003) demonstriert eindringlich einen doppelten Zeichencharakter des Roboters (eine erste genauere Erläuterung des Effekts findet sich unter Punkt 2.5.4; eine detaillierte Diskussion wird unter Punkt 6.2 vorgenommen). An dem Punkt, an dem die Kurve steil in das *uncanny valley* abfällt, gerät offensichtlich das Verhältnis zwischen Repräsentamen, Objekt und Interpretant in ein Ungleichgewicht, so dass sich die Nutzerin schnell in die Irre geleitet fühlen kann. Auf das in Kapitel 2 genannte Beispiel einer anthropomorphen Roboterhand bezogen heißt dies, dass die Roboterhand aufgrund ihres anthropomorphen Erscheinungsbildes ein Zeichen ist dessen Objekt eine menschliche Hand ist, so dass die Nutzerin dieser Hand diesem Zeichen den Interpretanten einer menschlichen Hand mit den Eigenschaften wie Körperwärme, Beweglichkeit, etc. zuweist. Im Fall der Berührung erweist sich dieser Interpretant nun als nicht gegeben, da eine synthetische

Hand nicht die entsprechende Körperwärme oder grundlegende haptische Eigenschaften trägt, so dass sich schliesslich seitens der Nutzerin ein unbehagliches Gefühl z. B. eine distanzierte Haltung einstellen kann. Dieses Phänomen ist ebenso in Bezug auf die kommunikativen Kompetenzen des Roboters zu sehen, da der hohe Grad des vermenschlichten Erscheinungsbilds auch ein entsprechendes natürliches Sprachverhalten antizipieren lässt.

Mit der Idee des Roboters als Zeichenvehikel finden sich in den anfangs erwähnten Automaten-Mythen eine Vielzahl von unterschiedlichen *Konzepten* desselben. Hier setzt sich der Automat Roboter vom Computer ab: Erstens verfügt der Computer über eine kürzere Bedeutungsträger-Historie und (daher) über weniger Konzepte (die Populärsten sind u. a. Werkzeug, Schreibmaschine, Denkmachine, Schachspielerin). Zweitens haben diese Konzepte häufig einen qualitativ geringeren Stellenwert gegenüber dem Roboter, da sie sich lediglich auf die konkreten Aufgaben beziehen, für die Computer als Hilfsmittel oder Medium fungieren. Beispiele für die unterschiedlichen Roboterkonzepte sind:

- Der Roboter oder Automat als Handlanger und Botschaftsübermittler von Göttern (zum Beispiel die Automaten des Hephaestus' (Ranke-Graves, 1960));
- als Abbild der perfekten Frau (Pygmalion und Galatea) (Mayer & Neumann, 1997; Ranke-Graves, 1960);
- als strafendes Resultat überschäumenden Selbstbewusstseins (E.T.A. Hoffmann, Shelley) (Cohen, 1966; Wawrzyn, 1978);
- als Abbild oder Träger der menschlichen Kompetenz und des persönlichen Ehrgeizes (Frankensteins Monster).
- als Träger und tatsächlich „Prozessor“ göttlicher Schrift, wie am Beispiel der Golem-Sage um den Rabbi Löw, welcher den künstlichen Menschen aus Lehm und Ton mit dem Zeichen für Leben auf dessen Stirn zum Leben erweckte.

4.2 Semiotische Maschinen und Automaten

Der Begriff „Semiotische Maschine“ wurde von Mihai Nadin eingeführt (Brödner, 2003), von Wolfgang Coy in Bezug auf die digitale Mediendebatte aufgegriffen und von Nöth konkret aus einer semiotischen Perspektive diskutiert.

Neben den Überlegungen zur örtlichen Fixierung der Computersemiotik (z. B. an der Bildschirm-Schnittstelle), ergibt sich zudem die Fragestellung der Maschine (Computer oder Roboter) als Zeichen per se. Wie bereits bei Dautenhahn angedeutet, aber auch in Bezug auf das breite Feld der soziablen Robotik, ist zu ergründen, ob ein Roboter selbst als semiotisches Zeichen fungieren kann oder soll. Ähnliche Überlegungen sind bezüglich der Computersemiotik im Zwischenfeld der elektronischen Maschinen oder besser semiotischen Maschinen zu finden. Aufgrund der Doppeldeutigkeit dieses Ausdrucks, welcher unter anderem durch Newell mit *symbol processing machines* initiiert wurde, verwundert es nicht, dass anfangs Fähigkeiten und Potenziale des Computers in Hinblick auf die Fähigkeit, Intelligenz zu entwickeln, weitaus überschätzt wurden.

Geht man von Peirce' Definition des Zeichens aus, so scheint auf den ersten Blick der Begriff „semiotische Maschine“ einen Widerspruch in sich darzustellen.

If we define *semiotic* with Peirce as *the doctrine of the essential nature and fundamental varieties of possible semiosis* (CP 5.488), *semiosis* as the *intelligent, or triadic action of a sign* (CP 5.472-73) which involves a *cooperation of three subjects, such as a sign, its object, and its interpretant* (CP 5.484), and if we accept Peirce's *provisional assumption that the interpretant is [...] a sufficiently close analogue of a modification of consciousness* (CP 5.485), the idea of a *semiotic machine* must appear a contradiction in terms. *Semiotic*, according to such premises, seems to presuppose living organisms as sign producers and sign interpreters. (Nöth, 2004, Seite 84)

Demnach sind Maschinen (Computer wie auch Roboter) involviert in Zeichenprozesse, doch fehlen ihnen wichtige Voraussetzungen zur Semiose. Geht man ohne Peirce' Definition des Zeichens nicht von der inhärenten Voraussetzung des Lebendigen aus, so könnten gleichfalls Schreibmaschinen oder auch Telegrafemaschinen als semiotische Maschinen bezeichnet werden. Als Ausweg aus diesem „Paradox“ der semiotischen Maschine (Nöth, 2004) nennt Nöth das Peirce'sche Konzept des Quasizeichens. Das Konzept des Quasizeichens führt auf

Peirce' Anwendung der Prinzipien des Synechismus zurück, der die Kontinuität von Raum, Zeit, Geist und Materie, Zeichen und Nicht-Zeichen postuliert. Dieses Fundament bietet dem Konzept der Zeicheninterpretation, die durch „Geist“ oder Denken geschieht, genügend Raum, um eine gewisse Kompetenz der Zeicheninterpretation nicht nur Menschen sondern auch Maschinen zuschreiben zu können (Nöth, 2000). Das Quasizeichen bzw. der Quasigeist wurden von Peirce u.a. zur Unterscheidung von menschlichen und maschinellen Zeichenprozessen eingeführt.

Ein Charakteristikum des Quasizeichens ist, dass es nicht alle Voraussetzungen der Semiose erfüllen muss oder kann. Ein semiotischer Automat – in diesem Fall der Computer – rechtfertigt die Annahme von Quasizeichen wegen der dyadische Struktur ihrer Prozesse. Das Fehlen einer vollständig triadischen Struktur oder der Übergang von dyadischen zu triadischen Strukturen zeigt sich u.a. in der Abgeschlossenheit des Computers gegenüber der „Welt“ der Objekte:

What is missing for these signs to develop from dyadic to triadic signs is an object relationship. The dyadic relations are merely dyadic relations of signification, but there is no denotation, no 'window to the world' relating the sign to an object of experience. (Nöth, 2004, Seite 85)

Hiernach kann Quasisemiose abgeleitet werden als eine Reduktion des triadischen Zeichenprozesses, nach welchem die drei Faktoren Repräsentamen (Zeichen), Objekt und Interpretant vorhanden sein müssen, auf einen dyadischen Zeichenprozess, in dem lediglich ein Zeichen (Repräsentamen) und sein Interpretant vorhanden sind (Nöth, 2004).

Für eine Analyse des Roboters als potenzielle semiotische Maschine ist in einem ersten Schritt die Verarbeitung der Diskussionen um den Computer als semiotischen Automaten sinnvoll; der Begriff des „Automaten“ fungiert als eine Annäherung des Computers an den Roboter. Ein erster Schritt begründet sich einerseits aus einer pragma-optimistischen Herangehensweise, welche sich den in der breiten Mehrzahl vorhandenen Texten bezüglich Computern als semiotische Maschinen oder Automaten annimmt und für eine Mensch-Roboter Interaktion zu kompilieren versucht. Andererseits besteht ein Roboter auch aus einem

Computer, bzw. wird entweder über einen Computer gesteuert oder zumindest programmiert und damit belebt.

Der nach Nake (1993, 2001) Computer als „instrumentelles Medium“, welcher das Zeichen zugleich zu manipulieren wie auch zu vermitteln erlaubt, bietet Überlegungen zur Semiotik des Computers oder zu Semiose ein breites Feld.

Dies alles mag verdeutlichen, wie schwierig es ist, das technische Artefakt Computer auf den Begriff zu bringen. *Automat, Werkzeug, Medium* - der Mannigfaltigkeit seiner Erscheinungsformen entspricht die Vielfalt der Einsatzformen und Gebrauchsweisen des Computers ebenso wie die Schwierigkeit, seinen Nutzen zu bestimmen. (Brödner, 2003, Seite 197)

Darüber hinaus bezeichnen Andersen und Nowack (2004) den Computer als einen „Parasit“ seiner Umgebung oder eine „leere Hülle und Platzhalter“. Der Computer definiert sich demnach primär über die Assoziationen, die ihm von den Nutzerinnen und anderen Computern zugebilligt werden. Letzterer Punkt ist unter dem Gesichtspunkt zu sehen, dass der Computer primär als Medium fungiert, also zur Informationsbeschaffung mit anderen Computern kommunizieren muss und seine Assoziationen (über die der Computer erst seine Präsenz erreicht) darüber multiplizieren kann. Zum Beispiel kann der Computer mit einem Briefkasten (elektronische Post), einer Informationsagentin (Internet-Informationsbeschaffung) oder sogar dem Telefon (Internet-Telefonie) assoziiert werden.

Mit der Ausweitung des Begriffs „semiotische Maschine“ auf „semiotischer Automat“ wird berücksichtigt, dass durch den Kontext des Begriffs „Maschine“ der Roboter als reines Eingabe-/Ausgabegerät festgelegt wird, wobei der Begriff „Automat“ auch das Moment der eigenständigen Handlungskompetenz und Mobilität impliziert. Dies ist insofern für eine sprachwissenschaftliche Perspektive der Mensch-Roboter Interaktion wichtig, da der „semiotische Raum“ oder das „Habitat“ (P. B. Andersen & Nowack, 2004) erweitert wird und die unterschiedlichen Arten der Zeichenprozesse potenziell multipliziert werden. Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt werden:

- Ein semiotischer Automat verfügt über die Kompetenz der Zeichenverarbeitung, ist also ein *Semiose-Automat*.

- Ein semiotischer Automat fungiert gleichzeitig als Zeichenträger und/oder Zeichenvehikel.
- Ein semiotischer Automat kann seine Umwelt wahrnehmen und in die Zeichenverarbeitung integrieren.
- Ein semiotischer Automat kann gegebenenfalls seine Umwelt auf der Basis von Zeichenverarbeitung verändern.
- Ein semiotischer Automat kann gegebenenfalls die Zeichenverarbeitung des Menschen komplementieren und eine neue Schnittstelle zwischen dem Menschen und seiner Umwelt herstellen.

Das algorithmische Zeichen

Mit der Begriffseinführung „algorithmisches Zeichen“ (Brödner, 2003, Seite 197) hat Nake den Peirce'schen Zeichenbegriff um eine spezielle Klasse für den Computer erweitert, indem er dem Zeichen den Aspekt der Signalverarbeitung hinzugefügt hat. Diese Klassifizierung ist insofern sinnvoll, als sie Raum für die Kombination sprachlicher Zeichen (wie sie in unserem natürlichsprachlichen Umfeld vorkommen) mit binären (dyadischen) Zeichen erlaubt. Damit ist die Dichotomie natürlicher Zeichen und formaler Zeichen für eine Entwicklung grundlegender Methodologien zumindest per definitionem gefestigt und es lassen sich die unterschiedlichen Zeichenverarbeitungsvorgänge – oder besser Semiosen – verdeutlichen:

In der Interaktion mit dem Computersystem werden von den Benutzern Zeichen eingegeben, die in ihrem jeweiligen Handlungskontext Bedeutung tragen. Im System selbst werden diese von außen lesbaren und sinnvoll interpretierbaren Zeichen auf bloße Signale als deren materielle Träger reduziert, die mittels Programm nach vollständig festgelegten Vorschriften verarbeitet werden. Das mithin vollständig determinierte Resultat dieses Signalverarbeitungsprozesses kann dann, sobald es an der Systemoberfläche erscheint, erneut als Zeichen interpretiert werden. So ist Interaktion mit dem Computer gekennzeichnet durch Determination von Signalverarbeitung im Innern und durch sinngabende Interpretation der an seiner Oberfläche erscheinenden Signale als Zeichen außerhalb. (Brödner, 2003, Seite 198)

Die beiden Zeichensysteme unterscheiden sich dabei konstitutiv durch ihre natürliche und künstlich determinierte Semiose. Beiden gleich ist das Repräsentamen, das auf der Nutzerinnenoberfläche abgebildet ist (oder eingegeben wird) und sein Objekt. Seitens der Nutzerin steht das Objekt vermittelt des Interpretanten, wodurch man zu der so genannten dreistelligen Relationalität kommt. Repräsentamen und Objekt sind ebenfalls bezüglich des Computers zu nennen, doch handelt es sich beim Computer nicht um Zeichen per se sondern um Signale. Diese sind eine besondere Zeichenart, da in ihnen Interpretant und Objekt zusammen fallen. Anhand des Interpretanten unterscheidet Nake zwischen der ‚intentionalen‘ Seite beim Menschen und der ‚kausalen‘ Seite beim Computer. Da bezüglich des Computers Interpretation nicht durch das Herstellen und Auswählen von Kontext stattfindet sondern im Rahmen eines a priori festgelegten, statischen Kontextes, muss man von Determination sprechen (Nake, 2001).

Zusammenfassend lässt sich mit Nake feststellen, dass es sich bei der Interaktion zwischen Mensch und Computer um ein konstantes Wechselspiel zwischen Zeichen und „Signal“ handelt, wobei dies Zeichenprozesse sind,

die durch einen ständigen, unmerklichen und glatt funktionierenden Wandel von Zeichen in Signale und wieder in Zeichen usf. gekennzeichnet sind. Was eben, ‚draußen‘, beim Menschen noch Zeichen (dreistellig) ist, ist sofort nach Durchgang durch die Schnittstelle, ‚drinnen‘ im Computer nur noch Signal (einstellig). (Nake, 2001, Seite 740)

Wird nun der Wirkungsbereich des algorithmischen Zeichens auf die Thematik der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine erweitert, spricht Nake von „quasi-kommunikativen Vorgängen“ (was sich durchaus unter den Aspekten des Peirce’schen Quasizeichens betrachten lässt).

Mit dieser Unterscheidung oder auch definitiven Festlegung des *algorithmischen Zeichens* ist die Frage nach dem Computer als *semiotische Maschine* im Gegensatz zu anderen Zeichen verarbeitenden Maschinen wie der Schreibmaschine zu beantworten. Brödner (2003) fügt den zu differenzierenden, technischen Artefakten noch eine weitere Klasse hinzu und nennt „mechanische“, „elektrische“, „chemische“ und „biologische Maschinen“. Diese Klassen (inklusive dem Computer) integrieren als gemeinsamen Nenner die „funktionale Sprache der Artefakte“, in der die mit ihnen verbundenen Handlungen ausgedrückt werden

müssen, um einen Nutzen sowie das Interpretieren der Resultate verwirklichen zu können (Brödner, 2003, 199).

Brödner weist semiotischen Maschinen im Gegensatz zu anderen Klassen von Maschinen ihren festen Platz anhand ihres Wirkungsbereiches zu. Der Wirkungsbereich semiotischer Maschinen bezieht sich ausschließlich auf soziale Interaktion und konstituiert sich demnach durch die Verarbeitung von Signalen in Zeichenprozesse. Dieser Rahmen lässt sich auch auf Roboter applizieren, da diese durch ihre Grunddefinition (der Unterstützung für den Menschen), sei es als Protektionsroboter, Service-Roboter oder Roboter-Prothesen, im sozialen Interaktionskontext mit dem Menschen stehen.

4.3 Robosemiotik

Mit dem Begriff ‚Robosemiotik‘ diskutiert Ziemke (2003b) das Gebiet der Autonomen Agenten als einen neuen Ansatz bezüglich des *symbol grounding*-Problems in der KI-Forschung und gleichzeitig als eine anwendbare neue Richtung innerhalb der Semiotik.

Im Kontext einer Diskussion um die Beschaffenheit des Zeichens in der KI-Forschung und bezüglich Autonomer Agenten (oder Systeme) benennt Prem (1998) zwei Hauptrichtungen. Die erste Richtung betrachtet Zeichen als Element des Kommunikationsprozesses:

Man verwendet das Zeichen, um eine Information zu übermitteln, um jemandem etwas zu sagen oder zu zeigen, das jemand anderer weiß und von dem er möchte, daß auch andere es wissen. Es fügt sich also ein in einen Kommunikationsprozeß, den man so darstellen kann: Quelle – Sender – Kanal – Botschaft – Empfänger. (Eco, 1977, Seite 25)

Die zweite Richtung bezieht sich auf das Peirce’sche Konzept des triadischen Zeichenmodells. Dieser Ansatz wird hauptsächlich im Rahmen des in der KI bekannten *symbol grounding*-Problems diskutiert, welches wiederum in Verbindung mit dem Searl’schen *chinese room argument* gebracht wird. Dieses beinhaltet die Frage, wie es für Zeichen im Rahmen von Computersystemen möglich ist, “to acquire and possess original meaning, i. e. meaning that is not solely derived from the meaning in the human interpretor’s head” (Prem, 1998).

Das Konzept der Autonomen Agenten wird in vielseitigen Richtungen innerhalb der KI-Forschung und Robotik-Forschung angewandt und diskutiert, wie beispielsweise in den Bereichen *artificial life* (Brooks & Maes, 1996), *socially intelligent agents* (Dautenhahn, 2002b), *embodied (conversational) agents* (Cassell, 2000), *embodied, situated agents* (Steels & Brooks, 1995) oder *multi-agent systems* (Weiss, 1999).

Als praktisches Experimentierfeld benennt Ziemke künstliche neuronale Netze (*artificial neural networks*) in Anwendung am Roboter, um auf dieser Basis autonomes Handeln oder Verhalten simulieren zu können. Die künstlichen neuronalen Netze dienen im weiteren Sinne als synthetische Nervensysteme, welche die Rezeptoren des Roboters mit den entsprechenden Effektoren verbinden. Dieses Modell ist insofern vielversprechend, da es einen Ausweg bezüglich des *symbol grounding*-Problems in der Künstlichen Intelligenz anbietet (vgl. Harnad, 1990):

This is due to the fact that the controller network can actually, by means of the robot body (sensors and effectors), interact with the physical objects in its environment, independent of an observer's interpretation or mediation. Hence, it could be argued that its internal signs/representations, now formed in physical interactions with the world they 'represent' or reflect, can be considered (physically) grounded. (Ziemke, 2003b, Seite 115)

4.3.1 Umwelt und Verkörperung

Eine Diskussion Autonomer Agenten macht die Berücksichtigung der Frage nach Umwelt und Verkörperung (*embodiment*) in Bezug auf künstliche Organismen oder Systeme unumgänglich. Autonome Agenten sind in der Regel

robotic systems situated in some environment and interacting with it using sensors and motors. Such systems are often self-organizing in the sense that they artificially learn, develop, and evolve in interaction with their environments [...]. (Ziemke & Sharkey, 2001, Seite 701)

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts – mit dem Entstehen neuer Gebiete wie Zoosemiotik, Biosemiotik und sicherlich der Neuen KI – kam das in der ersten Hälfte desselben Jahrhunderts von Jakob von Uexküll entwickelte *Umwelt*-Konzept auf. Dieser unterscheidet Organismen, die als autonome Subjekte auf

Zeichen nach ihrer eigenen, spezifischen Energie reagieren und anorganische Mechanismen, die nicht über diese Energie verfügen und daher von fremden Gesetzmäßigkeiten abhängig (heteronom) bleiben. Bezüglich der Neuen KI, die sich an einer Agenten-Umwelt-Interaktion auf der Basis biologischer Theorien orientiert, wurde die Umwelt-Theorie mit aufgenommen und diskutiert (Brooks, 2002; Emmeche, 2001; Ziemke & Sharkey, 2001)². Schließlich wurde in einer Schwerpunktausgabe der Fachzeitschrift *Semiotica* die Umwelt-Theorie aus sprachwissenschaftlicher Sicht diskutiert (Nöth, 2001; Ziemke & Sharkey, 2001; Emmeche, 2001; Brier, 2001).

Nöth (2001) gibt vier Begründungen an, nach denen Roboter wie lebende Organismen mit ihrer Umwelt interagieren. Erstens kann auch bei Robotern eine Differenzierung zwischen ‚Umgebung‘ und ‚Umwelt‘ gemacht werden, wobei letztere die direkte lokale, subjektive Umwelt darstellt. Diese Umgebung/Umwelt-Unterscheidung nach Uexküll ist bei Robotern durch deren Sensortechniken nachweisbar, die für spezifische Wahrnehmungen (z. B. Farben oder Formen) programmiert sind und demnach eine subjektiv-selektive Wahrnehmung (im Sinne des Begriffs ‚Umwelt‘) ermöglichen.

Die zweite Begründung ergibt sich aus der ersten Feststellung: Wenn Roboter über eine subjektiv-selektive Wahrnehmung verfügen, verarbeiten sie ihre Umwelt dementsprechend selektiv. Das heißt, dass Roboter nur die Stimuli ihrer Umwelt rezipieren und verarbeiten, die ihre Sensoren aufnehmen können. Nöth gibt das Beispiel von spezifischen Tonfrequenzen, die für das menschliche Ohr nicht hörbar und damit auch nicht zu verarbeiten sind.

Das Konzept der ‚Innenwelt‘ – der internen Abbildung oder Repräsentation der Umwelt des Organismus – nimmt Nöth als dritte Begründung und stellt fest: “In robotics it is the robot’s model or ‘symbolic representation’ of its environment that corresponds to the *Innenwelt* of an organism” (Nöth, 2001, Seite 696).

Schließlich ist die anatomische Parallele von Robotern zu Organismen als vierte Begründung anzuführen. Wie auch Organismen mit Sinnesorganen und Reizempfängern ausgestattet sind, sind komplementär Perzeptions- und Reaktionsmodule auch in Robotern integriert, durch die sie mit ihrer Umwelt interagieren

²Für eine detaillierte Übersicht zu den Entwicklungen von der traditionellen KI zur Neuen KI siehe (Ziemke & Sharkey, 2001).

können (vgl. auch Ziemkes Untersuchungen auf der Basis künstlicher Nervensysteme, (2000)).

Ziemke und Sharkey (2001) greifen neben dem Aspekt der ‚Umwelt‘ den der Verkörperung (*embodiment*) z. B. des lebendigen Körpers vs. den künstlichen Körper auf. Hierzu vergleichen sie die Theorie Uexkülls mit dem Konzept der Autopoiese nach Maturana und Varela.

Das aus der Biologie inspirierte Konzept der Verkörperung wird als ein wichtiger Ansatzpunkt in der Entwicklung Autonomer Agenten und darüber hinaus dialogfähiger Autonomer Agenten angenommen. Nach Ziemke und Sharkey wird dieses Konzept in vielen Forschungsansätzen „verunreinigt“: “Much research effort is spent on control mechanisms, or ‘artificial nervous systems’, and how to achieve certain behaviors in robots through self-organization of these control mechanisms” (Ziemke & Sharkey, 2001, Seite 736). Der Vergleich eines künstlichen Nervensystems (Roboter) mit dem Nervensystem eines Lebewesens würde jedoch implizieren, dass das Verhältnis von künstlichem Nervensystem und Verhalten unabhängig vom Körper zu sehen ist. Das bedeutet, dass das synthetische Rahmensystem und die damit verbundenen Kontroll- und Reaktionsmechanismen das Herzstück eines Roboters sind, während der Körper auf eine leere Hülle reduziert wird oder bestenfalls die Schnittstelle zwischen dem Kontrollsystem und der Umwelt darstellt. Nach Maturana und Varela sowie Uexküll können jedoch der lebende Körper und sein Nervensystem nicht voneinander getrennt betrachtet werden. Denn Autonomie wie auch Subjektivität von Lebewesen entsteht durch die Interaktion ihrer Zellautonome:

Thus, autonomy is a property of a living organism’s organization right from its beginning as an autonomous cellular unity, and initial structural congruence with its environment results from the specific circumstances of reproduction. Its ontogeny maintains these properties throughout its lifetime through structural coupling with its environment. (Ziemke & Sharkey, 2001, Seite 738)

Ziemke und Sharkey folgern daraus, dass künstliche Systeme keine Autonomie entwickeln können, da diese auf der Basis der Ontogenese bereits in einem System enthalten sein muss und nicht von außen in das System appliziert werden kann. Dennoch ist es möglich, in einem künstlichen System auf eine bestimmte

Art und Weise eine strukturelle Übereinstimmung mit dessen Umwelt zu erzielen, wobei jedoch das Kriterium der Übereinstimmung (Kongruenz) seitens der Beobachterin aufgestellt und festgestellt werden muss.

Der so genannte Habitat-Ansatz unterstreicht die Kritik Ziemkes und Sharkeys durch eine weitere Perspektive. Habitat-Entwicklung ist ein Bereich in der KI-Forschung und wird insbesondere auf dem Gebiet der Avatare und Virtuellen Räume eingesetzt. Habitate sind unter anderem eine Lösung für das Problem der spatial-temporalen Referenzfähigkeit von künstlichen Systemen (siehe auch Tenbrink, 2003) und wurden als Design-Metapher auf dem Gebiet des *pervasive computing* eingeführt. Andersen und Brynskov definieren:

A habitat is defined as an environment that supports and mediates the activities of its inhabitants—presents a set of affordances in the sense of Gibson [...]. Only actors, whose activities are supported by the habitat are its inhabitants, and only environments that support an actor is a habitat for it. (Brynskov & Andersen, 2004)

Der Habitat-Ansatz ermöglicht es demnach, die gesamte Umwelt des Roboters modulhaft festzulegen und zu programmieren. Gleichfalls können Rezeptionsmodalitäten und Reaktionen des Roboters dem Habitat angeglichen werden. Damit wird nicht nur die Autonomie des Roboters (inhärent) künstlich appliziert sondern auch die gesamte Umwelt; einzig durch deren Rezeption lässt sich Autonomie „herstellen“.

Mit Ziemkes und Sharkeys Kritik wären weite Teile des Gebiets der so genannten *embodied autonomous agents* ebenso kritisch zu hinterfragen. Denn in vielen Fällen wird der Begriff der Verkörperung lediglich als ein deskriptives Merkmal genommen, das bestimmte Eigenschaften des Roboters beinhaltet wie Mobilität und Grad der Anthropomorphisierung. Hinzu kommt die Fähigkeit des Roboters, seine Umwelt inklusive in Betracht kommende Dialogpartnerinnen wahrzunehmen (vgl. Cassell, Sullivan, et al., 2000). Haselagers (2003) Definition eines verkörperten Roboters kann demnach als beispielhaft für die Ansätze der *embodied autonomous agents* zitiert werden:

First of all, robots are embodied and embedded creatures. That is, they have a body (in contrast with the computational models of traditional AI) through which they interact with their environment (consisting of objects and other (artificial and/or living) creatures, and

their embeddedness in the world shapes their behavior and cognitive processes. (Haselager, 2003, Seite 103)

Rückblickend auf das Beispiel des Habitat-Ansatzes, aber auch auf die generelle Kritik Ziemkes und Sharkeys, muss der letzte Teil der Definition in Parenthesen gesetzt werden. Denn dieser impliziert, dass sich tatsächlich ein natürlicher Entwicklungsprozess von Verhaltensmustern in einem *embodied autonomous agent* einstellen kann. Jedoch ist jegliches Verhaltensmuster künstlich „vorprogrammiert“ und darüber hinaus ist auch der Punkt der Verankerung (*embeddedness*) in der Umwelt lediglich künstlich vorgegeben und dadurch gesteuert.

4.3.2 Schnittstellendesign für die Bewusstseinszeugung

Im Vergleich zu den im vorherigen Abschnitt diskutierten Ansätzen zu Umwelt und Autonomie eines Roboters aus semiotischer Perspektive sollen in diesem Teil quasi „para-textuell“ die Theorien und Methodologien zu Umwelt und Autonomie aus informatischer und ingenieurwissenschaftlicher Perspektive behandelt werden. Dabei sollen die folgenden Ausführungen auf der einen Seite eine potenzielle praxisorientierte Adaption der semiotischen, kognitionswissenschaftlichen wie auch biologischen Theorien darstellen. Andererseits wird mit diesem „Para-Text“ (im weiteren Sinne) intendiert, die erkenntnistheoretische „Kakophonie“ der zwei Kulturen (Snow, 1998) – Geisteswissenschaften und Naturwissenschaften – zu veranschaulichen³.

Einer der Ansätze aus den ingenieurwissenschaftlichen und informatischen Bereichen bezüglich Umwelt und Autonomie des Roboters interpretiert die Frage nach der möglichen Umwelt(-generierung) des Roboters mit dessen Bewusstseinsbildung (*awareness*). Es wird demnach – wie auch in einer Reihe von anderen Mensch-Roboter Interaktionsgebieten – ein Ansatz aus der Kognitionswissenschaft und/oder Biologie gewählt und anhand formal-informatischer Umsetzungsdemonstrationen dargestellt. Drury, Scholtz und Yanco (2002) definieren *awareness* unter anderem in Anlehnung an Gutwin, Greenberg und Roseman (1996) und unterscheiden zwischen *concept awareness*, *conversational awareness*, *in-*

³Der „Kakophonie“-Begriff soll an dieser Stelle keineswegs rein negativ konnotiert aufgefasst werden, sondern vielmehr als auf inhärente Unterschiede aufmerksam machend und somit den Weg öffnen in Richtung einer vereinheitlichenden Diskussion.

formal awareness, situation awareness und *social awareness*. Für das Ziel einer (sozialen) Kollaboration zwischen einem bis mehreren Menschen und einem bis mehreren Robotern ergeben sich zwei unterschiedliche Gruppierungen bezüglich der Existenz oder respektive nicht vorhandenen Existenz von Kognition und freiem Willen. Drury et al. gehen von unterschiedlichen Bewusstseins-Bedarfen (*awareness needs*) aus, da es sich um eine asymmetrische Bewusstseinsbeziehung handelt.

Given one human and one robot working on a task together, HRI awareness is the understanding that the human has of the location, activities, status, and surroundings of the robot; and the knowledge that the robot has of the human's commands necessary to direct its activities and the constraints under which it must operate. [...]

We maintain that the human-robot interface is akin to groupware in the sense that humans must use the interface to orchestrate joint human/robot activities. Further, the human must be aware of the robots' status and activities via the interface in the cases where visual contact cannot be maintained with the robot. (Yanco & Drury, 2002, Seite 2)

Die Autorinnen sehen Bewusstsein als ein wichtiges Konzept, um die Schnittstellen der Mensch-Roboter Interaktion zu evaluieren und zu optimieren. Durch das genaue Beobachten der Interaktion zwischen Mensch und Roboter und die Feststellung von Bewusstseinsverletzungen (*awareness violations*), welche nach Meinung der Autorinnen zum Misslingen der Interaktion führen können oder zumindest den Erfolg der Aufgabenbewältigung grundsätzlich mit beeinflussen, können generelle Informationen bezüglich der Bedarfe von Schnittstellen-Designs ermittelt werden.

Drury, Scholtz und Yanco (2003) definieren einen generellen Rahmen von Bewusstsein in der Mensch-Roboter Interaktion, der fünf Punkte festlegt:

- (a) Mensch-Roboter Bewusstsein: Das Verständnis oder Wissen des Menschen bezüglich Position, Identität, Aktivität, Status und Umgebung des Roboters.
- (b) Mensch-Mensch Bewusstsein: Das Verständnis oder Wissen des Menschen bezüglich Position, Identität, Aktivität, Status und Umgebung der mit ihm kooperierenden Menschen.
- (c) Roboter-Mensch Bewusstsein: Das Wissen des Roboters über die Befehle des Menschen, welche der Roboter zum Ausführen einer Aufgabe benötigt.

Ebenso das Wissen über jegliche durch den Menschen vorgegebene Notsituationen, welche eine veränderte Aufgabenstrategie benötigen.

- (d) Roboter-Roboter Bewusstsein: Das Wissen bezüglich der Aufgaben und Befehle, welche den Robotern aufgetragen werden, möglicherweise auch durch andere Roboter, und das Wissen über die taktischen Pläne der anderen Roboter. Ferner die Roboter-Roboter Koordinaten, welche zur dynamischen Anpassung der Roboter untereinander notwendig sind.
- (e) Aufgabenbewusstsein seitens des Menschen: Das menschliche Wissen und Verständnis bezüglich des Gesamtziels der gemeinsamen Mensch-Roboter Aktivitäten und das simultane Überprüfen des Projektfortschritts.

Die fünf Punkte zeigen einen Kontrollmodus auf, in dem der Verantwortungs- und Bewusstseinsrahmen für den Menschen überwiegt (in Punkten a, b und e). Insbesondere Punkt (e) stellt einen generellen Kontrollmechanismus dar, der die Notwendigkeit unterstreicht, dass der Mensch kontinuierlich die Gesamtsituation überwacht und, wenn notwendig, reguliert. Beachtet man das Paradigma des autonomen Roboters oder Agenten, der selbstständig agiert und sich in der Welt bewegt, scheint hier ein Widerspruch vorzuliegen. Er zeigt deutlich, dass Menschen und Roboter noch nicht auf einer Ebene miteinander agieren können und der Mensch sich noch nicht einer Gesamtverantwortung entziehen kann.

Folgende grobe Erklärungen können hierfür genannt werden. Eines der wichtigsten Kommunikationsmedien bei der Mensch-Roboter Interaktion ist die Videoüberwachung z. B. das Filmen der Interaktion. Die inhärenten Nachteile dieses Kommunikationsmediums sind evident, so handelt es sich – sofern man nicht über eine Vielzahl an Kameras verfügt – über eine sehr eingeschränkte Kommunikationsebene, da sie auf eine Perspektive festgelegt ist. Abstrahiert auf die Ebene von Kommunikationsmodellen handelt es sich hierbei um eine doppelte Form der asynchronen Kommunikation: Erstens ist mit einer Videokamera kein Dialog möglich, da es sich lediglich um die Aufnahme von Bildern handelt, also kein Kanal für die Rückkoppelung vorgesehen ist. Zweitens können mit einer Videokamera zwar unterschiedliche Perspektiven eingefangen werden, diese jedoch nur linear, mit zeitlicher Verzögerung und nicht synchron (dabei muss der Kamera-Zoom jeweils neu eingestellt werden, was wiederum zu Verzögerungen

führt). Wenn also Szene A gezeigt wird, kann nicht gleichzeitig Szene B gezeigt oder überwacht werden. Auch eine Installation oder Nutzung von mehreren Kameras gleichzeitig beseitigt dieses Problem nicht, da es für das menschliche Auge schwierig ist, Handlungen an mehreren Bildschirmen gleichzeitig zu verfolgen.

Im Vordergrund steht der Nachteil der kommunikativen Verfremdung: Die Aktionen des Roboters werden per Kamera zum Menschen übermittelt und nicht direkt von den Robotern zum Menschen. Diesen Nachteil versucht man durch die Implementierung von weiteren Kommunikationsmedien zu eliminieren, wie zum Beispiel durch Sensoren. Diese können entweder am Roboter angebracht sein oder verteilt in der Umgebung, in welcher der Roboter Aufgaben bewältigen muss. Berührungssensoren am Roboter können haptische Fähigkeiten simulieren, um unter anderem den Zusammenstoß mit anderen Robotern, mit Menschen oder Gegenständen weitgehend zu vermeiden (Hindernis-Vermeidung).

Die Sensoren sind mittlerweile an intelligente Mechanismen (auch Effektoren) gekoppelt, die eine bestimmte Form von Kommunikation zulassen. Zum Beispiel kann ein Alarm ausgelöst werden, wenn der Roboter mit einem anderen Roboter oder einem Gegenstand zusammenstößt. Der Roboter kann dann lernen, ob es sich um einen fest stehenden Gegenstand (ein Hindernis) handelt oder um ein nicht fest stehendes Objekt wie einen Menschen oder einen Roboter. In Kombination mit einer Kamera kann nun der Roboter beispielsweise ein Bild von einem Tisch als ein feststehendes Hindernis in sein Repertoire aufnehmen.

In der Mensch-Roboter Interaktion ist die Sensortechnik eines der wichtigsten Hilfsmittel für die Wahrnehmung der Umwelt im weiteren Sinne beim Roboter und indirekt auch beim Menschen. Sie verfügt über eine Vielzahl an Möglichkeiten und Verknüpfungen. Das Hauptproblem liegt in den unterschiedlichen Wahrnehmungsformen, also den „kognitiven“ Möglichkeiten bei Mensch und Roboter. Während ein Roboter so programmiert werden kann, dass er auf technische Inputsignale (wie beim Berührungssensor) direkt reagieren kann – wenn auch mehr oder weniger flexibel und schnell – ist dies beim Menschen nicht oder nur bedingt möglich. Die Theorie der Mensch-Maschine Interaktion beschäftigt sich mit diesem Problem intensiv, beispielsweise bezüglich der Robotersteuerung und Überwachung von komplexen Prozessabläufen etwa in der Massenproduktion in Fabriken. Hier werden visuelle und auditive Hilfsmittel angewandt, um die Reaktionszeit beim Menschen zu erhöhen. Dennoch ist eine Übersetzung immer not-

wendig, was eine natürliche Interaktion zwischen Mensch und Roboter unmöglich macht. Dies kann auch nach Drury, Scholtz und Yanco (2003) erkannt werden, welche unter anderem die Empfehlung geben, die „kognitive“ Last durch den Input einer Vielzahl von Sensoren zu vermindern. Dies sollte durch fusioniertem Input geschehen, also durch das Verschmelzen unterschiedlicher Sensorenrückmeldungen in eine einzige Kombination von Audio, Haptik, Video, etc. (also eine Synästhesie auf künstlicher Ebene).

4.4 Semiotik und Ästhetik

Der Begriff der Ästhetik bezieht sich in der Fachliteratur der Mensch-Computer Interaktion auf den Bereich des Schnittstellen-Designs. Demgegenüber soll Ästhetik in diesem Abschnitt in einem weiteren Sinn aufgefasst werden. Darüber hinaus werden die unterschiedlichen Ansätze diskutiert, die unter eine semiotische Sicht des Schnittstellen-Designs fallen.

Mihai Nadin gilt als Pionier auf dem Feld der Computergrafik. Er führte das Medium Computer in die Kunst- und Designausbildung ein. Bereits frühzeitig hat er das Peirce'sche Zeichenmodell als Matrix für eine Interaktion zwischen (a) den durch Programmiererinnen repräsentierten technologischen Aspekten von Computerprogrammen und Schnittstellen-Design, (b) den seitens Künstlerinnen und Designerinnen vertretenen ästhetischen Aspekten zur Unterstützung der Mensch-Computer Interaktion und schließlich (c) den geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen, vorgebracht durch die Anwendung Peirce'scher Semiotik, herangezogen.

Nadin stellt fest, dass es sich beim Computer um eine ‚semiotische Maschine‘ handelt und definiert das von dieser Maschine produzierte Zeichen wie folgt: das Repräsentamen ist die Schnittstelle zwischen Nutzerin und Anwendung, das Objekt des Zeichens sind die unterschiedlichen Computersysteme (z. B. Office- oder CAD-Programm) und der Interpretant ist die Bedingung oder Modalität der Nutzung und Evaluation (zitiert in P. B. Andersen, 2003a). Als Begründer der Disziplin *computational design* versucht Nadin den Zusammenhang zwischen Werkzeug und Benutzerin anzuerkennen:

Es geht jedoch darum, diesen Zusammenhang in den Kontext neuer Möglichkeiten zu übertragen, die durch Design Wirklichkeit werden sollen. Wenn man das erreichen möchte, kann die Computertechnik nicht länger nur als Mittel der Darstellung und als Medium von Variationen gehandhabt werden, selbst wenn diese nun systematisch betrieben werden. Computertechnik muß vielmehr zum konstitutiven Bestandteil des Design werden. (Nadin, 1997)

Bezogen auf die Robotik stellt dieses Paradigma des konstitutiven Bestandteils der Technik im Design eine eminente Forderung dar. Beim Computer ist die Technik für die Nutzerin meist verborgen, beim Roboter größtenteils nicht (z.B. bei industriellen Robotern). Auch die Mehrheit der so genannten humanoiden Roboter verbirgt selten ihre Technik wie z. B. künstliche Gelenke, Augen oder den gesamten Torso per se. Der AIBO Roboterhund kann als ein Schritt in Richtung des Paradigmas anerkannt werden, da an ihm keine Kabel oder ähnliches sichtbar sind, er dagegen nicht wie ein lebender Hund mit Fell ausgestattet wurde sondern mit einer glatten, künstlichen Oberfläche (vgl. Schwentker, 2004). In diesem Zusammenhang ist zu fragen, ob gewisse Trends innerhalb der Robotik, bei denen versucht wird, einen Roboter phänotypisch zum Menschen zu entwickeln, der Forderung nach einem konstitutiven Technikbestandteil im Design nachkommen. Ein Beispiel sind die an der Universität von Tokio entwickelten Saya Roboter, die aus einem vollständig humanoiden Roboterkopf mit Haaren, Zähnen sowie einer künstlichen Haut bestehen integrieren, wobei durch multiple Kontrollpunkte unter der Haut eine beeindruckende Vielfalt der mimischen Ausdrücke möglich wird (Dautenhahn et al., 2002).

Textästhetik

Für einen weiteren Ansatz im Bereich der Mensch-Computer Interaktion bezüglich der Integration von Ästhetik steht das von Donald Knuth entwickelte Konzept des "literate programming": "Let us change our traditional attitude to the construction of programs: Instead of imagining that our main task is to instruct a computer what to do, let us concentrate rather on explaining to human beings what we want a computer to do" (Knuth, 1992, Seite 99). Auch de Souza's Konzept des *semiotic engineering* bezieht sich auf eine perspektivische Verschiebung vom

Computer als Werkzeug hin zum Dialog zwischen der Designerin von Mensch-Computer Schnittstellen und der Nutzerin (De Souza, 2001).

Dabei geht Knuth – anders als de Souza – (wahrscheinlich) unbewusst und indirekt von einem semiotischen Ansatz aus. Er postuliert einerseits eine bestimmte Ästhetik von Computerprogrammen und andererseits eine Transparenz bezüglich der Programm-Logik für die Nutzerin respektive Leserin des Programms. Dies beinhaltet eine literarisch-ästhetische Verbindung zwischen den unterschiedlichen Zeichenprozessen: Die Erweiterung der Programmtexte um „literarische“ Para-Texte bringt einen neuen Ansatz in das Forschungsgebiet des Schnittstellen-Designs und das Wechselspiel zwischen natürlichen und signalverarbeitenden Zeichenprozessen.

Wallmannsberger referiert auf Knuths Ansatz unter dem Aspekt einer Sprache der Informationswissenschaften (im Sinne der computerbasierten Informationsverarbeitung) und nennt als einen der wichtigsten Beiträge der Linguistik zur Informationswissenschaft deren Rolle als „generator of self-reflexivity“ und argumentiert weiter:

Information science may not be a talking cure, but the medium of inquiry of immediate relevance to the project itself. The boundaries between domains of academic discourses are not simply effects of an intellectual division of labour, but crucially inform the kind of inquiry to be pursued. (Wallmannsberger, 1997b, Seite 444)

Das Knuth'sche WEB-Konzept, das die Verkapselung von für die Maschine kompilierbaren Input und für den Menschen lesbaren Programmcode beinhaltet, kann auf die Thematik der so genannten Markupssprachen bezogen werden. Hierbei handelt es sich um eine bestimmte Programmiersprache, in der Hypertexte im Internet geschrieben werden. Anhand eines einheitlichen Markierungs- oder Beschreibungssystems können Texte, Bilder, Film- und Musikdateien sowie deren grundsätzliche Strukturen in einem semiotischen Modell dargestellt werden. Nach Wallmannsberger stellen diese „Wörter unter den Wörtern“ eine fundamentale Strategie zur Ordnung, Veränderung und Bereitstellung von Daten dar (1996). Die Forderung von Knuth nach Transparenz für die Nutzerin kann letztlich im Genre der Hypertexte als erfüllt angesehen werden, da es in der Regel durch ein bestimmtes Bedienelement im entsprechenden Internet-Browser möglich ist, den Programmcode der Internetseiten einzusehen. Allerdings ist mitt-

lerweile eine Anti-Transparenz-Tendenz zu erkennen: Die vielfach eingesetzten Scripte wie Macromedia Flash verhindern diese Einsicht und damit in gewisser Weise auch den direkten Dialog mit der Programmiererin.

Fragen nach der Relevanz von Texten sowie nach deren semiotische ‚Umwelten‘ sind auf einer abstrahierten Metaebene wie auch in einem direkten pragmatischen Anwendungsfeld zu beantworten. Das pragmatische Anwendungsfeld bezieht sich auf computerbasierte Roboter (Avatare, Softbots, etc.) worauf im folgenden Kapitel ausführlich eingegangen wird. Die Metaebene der semiotischen Text-Umwelten kann in Anlehnung an Wallmannsbergers „Kritische Apparate“ erläutert werden. Die begriffliche Nähe von ‚Apparat‘ zu ‚Automat‘ (zwar oft als Synonym genutzt, doch besteht hier eine Hyperonym-Hyponym Beziehung) liefert in diesem Fall einen konkreten Rahmen. Einerseits liegt im Begriff des Apparats ein bestimmter instrumenteller Charakter (zum Beispiel Messapparaturen in den Naturwissenschaften), der ebenso auf die Robotik applizierbar ist. Andererseits schließt sich mit Wallmannsbergers metatheoretischem Entwurf der Kritischen Apparate der semiotische Kreis, der in diesem Kapitel um die Mensch-Roboter Interaktion gezogen wurde, da dieser Entwurf die semiotische Perspektive mit Ansätzen einer Ökologie kommunikativer Systeme verbindet.

Da wir mit Peirce Natur als Zeichennatur erkennen, werden die Interaktionen menschlicher und maschineller Semiosen zum genuinen Gegenstand ökologischer Analysen. Das Objekt des computerphilologischen Paradigmas (Bolz, Kittler und Tholen, 1994) sind nicht elektronisch codierte Texte, sondern alle Prozesse der Interaktion mit digitaler Textualität. (Wallmannsberger, 2002, Seite 22)

Der metatheoretische Ansatz, der Roboter als einen Bestandteil digitaler Textualitäten anerkennt, ermöglicht es, diese Automaten (oder Apparate) auf einen Text per se herunterzubrechen. Der ‚Roboter als Text‘ wiederum bietet Raum für eine linguistische Theorie der Mensch-Roboter Interaktion und es können folgende Parameter aus sprachwissenschaftlicher Perspektive analysiert werden:

- Das Zeichenrepertoire des ‚Roboters als Text‘: Ein (schriftlicher) Text konstituiert sich aus den Zeichenfolgen, die auf einem spezifischen Alphabet basieren. In der Informatik bezeichnet ein Alphabet die Menge von unterscheidbaren Zeichen und deren mögliche Kombination in einem forma-

len System. Der metatheoretische Textansatz ermöglicht es für die Mensch-Roboter Interaktion, eine bestimmte Menge der möglichen Zeichen festzulegen, die von den Programminhalten (algorithmische Zeichen) bis zu Design-Zeichen oder Parametern bezüglich der Extremitäten und Physiognomie des Roboters reichen können.

- Syntax: Syntaxregeln bestimmen die möglichen Satzteile und Struktur eines Textes. Aus informatischer Sicht beziehen sich die Syntaxregeln auf die Struktur der Programm-Codes. Im Gegensatz dazu sind Syntaxregeln in der Linguistik unter anderem von dem entsprechenden Zeichenreperoire abhängig (z. B. stehen sie komplementär zueinander). Dieser Punkt ermöglicht es, die gesamten Abläufe des ‚Roboters als Text‘ festzulegen und somit die Interaktion oder Struktur der unterschiedlichen Zeichenarten zu bestimmen.
- Text-Kohärenz: Der Kohärenz-Aspekt bezieht sich auf den Zusammenhang der einzelnen Text-Abschnitte (respektive Roboter und dessen Aufgaben) zu einem zusammenhängenden Text. Text-Kohärenz am Roboter legt damit das Zusammenspiel der unterschiedlichen Verhaltensmodule fest und integriert den Aspekt der Umwelt. Darüber hinaus beinhaltet die Text-Kohärenz den Aspekt der Kollaboration oder Interaktion mit der Nutzerin (oder mit anderen Robotern) zur (quasi intertextuellen) Bewältigung vorgegebener Aufgaben.

5 Diskursanalyse und Pragmatik

Der methodologische Ansatz, Interaktionen zwischen Mensch und Roboter als „Diskurs“ oder Konversation zu untersuchen, wird für diese Arbeit aus den Bereichen Mensch-Computer Interaktion und *computer-mediated communication* (CMC) abgeleitet. Der Terminus „Diskurs“ wird dabei nicht ausschließlich auf die Verwendung verbaler Zeichen bezogen sondern behandelt auch Zeichen, die mit der Maus ausgedrückt werden (z. B. Zeigen oder Klicken) und damit für das Interaktionsparadigma der „direkten Manipulation“ stehen (vgl. Wagner, 2002). Darüber hinaus bietet sich, rückbezüglich auf den textbasierten Ansatz in Kapitel 4 („Roboter-als-Text“), der Diskurs-Begriff in seiner Definition als kohärenter (zusammenhängender) Text an, in dem jede vorkommende Äußerung durch die Kenntnis des vorausgegangenen und folgenden Kontextes interpretierbar wird (Carstensen et al., 2004, Seite 335).

Ansätze aus Diskursanalyse und Pragmatik ergeben für dieses Kapitel einen komplementären Rahmen für die Analyse und Diskussion von Diskursen zwischen Mensch und Roboter. Beiden Bereichen gemein ist die Analyse der Bedeutung von Wörtern im Kontext bezogen auf die Bedeutungsgenerierung durch Weltwissen, durch sozio-psychologische Faktoren und schließlich spatio-temporale Relationen. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal von Diskursanalyse und Pragmatik betrifft das Erkenntnisinteresse bezüglich der Struktur des Textes oder Dialogs. Hierauf bezieht sich die Diskursanalyse: „Discourse analysis studies how large chunks of language beyond the sentence level are organised, how the social transaction imposes a framework on discourse [...]“ (Cutting, 2002, Seite 2).

Linguistische Termini wie „Kommunikation“, „Diskurs“, „Konversation“ oder „Dialog“ finden sich einschließlich kontextabhängiger Variationen in einer Vielzahl von Untersuchungen und Veröffentlichungen zum Bereich Mensch-Roboter Interaktion und stammen mehrheitlich aus Kognitionswissenschaft, KI-

Forschung, Informatik oder Ingenieurwissenschaften. Damit manifestiert sich ein bestimmtes Bewusstsein in diesen Bereichen hinsichtlich der Relevanz von linguistischen Erkenntnissen und Ansätzen in der Mensch-Roboter Interaktion bzw. Kommunikation¹ oder generell in der Entwicklung künstlicher Automaten und Systeme.

Das folgende Kapitel wird anhand eines Überblicks über rezente Forschungsansätze und Erkenntnisse aufzeigen, dass ein linguistisch-methodologisch fundiertes Modell immer noch ein Desiderat darstellt, welches dem automatenphilologischen Ansatz dieser Arbeit entgegen kommt. Hierzu wird in einem zweiten Schritt in dieses Kapitel eine Diskussion von ausgewählten linguistischen Ansätzen aus der Diskursanalyse und Pragmatik bieten, um so die vorhandenen Modelle zu erweitern und den methodologischen Kreis zu schließen.

5.1 Diskursanalyse

Das Gebiet der Diskursanalyse (*discourse analysis*) stellt ein Amalgam aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Fachgebieten dar, wie den für dieses Feld klassischen Disziplinen Linguistik, Anthropologie und Philosophie oder weiteren Fachdomänen Kognitive Psychologie, Geschlechterstudien oder KI-Forschung.

Als Folge daraus wird der Begriff Diskursanalyse sehr unterschiedlich definiert und diskutiert. Dies betrifft vor allem die Definition des Diskurses per se, wobei über die Fachgrenzen hinweg drei Hauptkategorien festgestellt werden können. Schiffrin, Tannen und Hamilton (2003) umreißen diese Hauptkategorien und beschreiben Diskurs als:

- Alles, was über den Satz als sprachliche Einheit hinausgeht;
- die Anwendung von Sprache;
- eine Anwendung von sozialen Praktiken im weiteren Sinn, welche auch nicht-sprachliche und nicht-spezifische Einheiten von Sprache beinhalten.

¹Während in Kapitel 1 und 2 aus inhaltlichen Gründen zwischen den Termini Mensch-Roboter Interaktion und Mensch-Roboter Kommunikation differenziert wird, soll diese Unterscheidung zu Gunsten der flüssigen Sprache hier aufgehoben werden.

Diese ohne Zweifel sehr weiten und generellen Kategorien sollen keinesfalls als definitonische Rahmenbedingungen für eine Diskussion der Diskursanalyse stehen. Vielmehr stellen sie für die Zwecke dieser Arbeit die notwendigen Fenster dar, welche den Ausblick auf andere Gebiete erlauben ohne zugleich ein bestimmtes Rahmengenbiet zu verlassen.

5.2 Grice' Konversationsmaximen

Häufig angewandte Modelle der Pragmatik in der Mensch-Computer Interaktion beziehen sich auf die Grice'schen Konversationsmaximen und die Sprechakttheorie nach Austin und Searle.

Herbert Paul Grice diskutierte in seinem Aufsatz "Logic of Conversation" (1975) die Dialogtheorie in Bezug auf die moderne Philosophie (Walton, 2000). Wagner erläutert die Möglichkeit der Anwendung der Grice'schen Konversationsmaximen auf die der Mensch-Computer Interaktion anhand der von Reeves und Nass (1996) festgestellten Kommunikationsformen und Intentionen, welche die Nutzerinnen den Computern gegenüber zeigen.

Auch wenn ein technisches System sich nicht *verhält*, sondern lediglich (u. a. wahrnehmbare) Zustandsänderungen erfährt, wird es auf Grund der gewollten Parallelen zu menschlichem Kommunikationsverhalten als *sozialer Partner* konzeptualisiert und dementsprechend bewertet [...]. (Wagner, 2002, Seite 191)

Die Konversationsmaximen werden als methodologisches Modell in der Mensch-Maschine Interaktion (Brennan, 1990), (Wagner, 2002) oder auch Mensch-Roboter Interaktion (Hausser, 2000) beziehungsweise Computerlinguistik (Carstensen et al., 2004) angewandt. Sie basieren auf dem Konzept der Kooperativität, welche von Diskursteilnehmerinnen in einem kohärenten Dialog vorausgesetzt wird (vgl. Carstensen et al., 2004). Insgesamt unterscheidet Grice die vier Maximen „Quantität“, „Qualität“, „Relevanz“ und „Modalität“. In der Computerlinguistik werden die Maximen in Kombination mit dem Grice'schen Modell der „konversationellen Implikaturen“ vor allem in der maschinellen Textgenerierung eingesetzt. In diesem Kontext werden die konversationellen Implikaturen typischerweise als Indikator für die Verletzung mindestens einer

der Maximen interpretiert. Dabei sind explizite Mechanismen zur Behandlung konversationeller Implikatur in computerlinguistischen Anwendungen selten und

beschränken sich auf einzelne Funktionen, wie die Lexikalisierung und die Generierung von Referenzausdrücken. Mechanismen, die konversationelle Implikatur explizit ausnutzen zur Erzeugung qualitativ besserer – meist kürzerer – Texte, findet man nur in Experimentalsystemen [...]. (Carstensen et al., 2004, Seite 336)

Wagner dagegen postuliert für den Bereich der Mensch-Computer Interaktion:

Diese Diskussion macht deutlich, dass die Applikationen der Grice-schen Konversationsmaximen auf die Mensch-Computer-Interaktion nicht nur möglich ist, sondern dass die Einhaltung der Maximen durch das System sogar nachdrücklich eingefordert werden muss, wenn die *Dialogmetapher* als (eine) Leitmetapher für die Gestaltung interaktiver Systeme weiter gelten soll. (Wagner, 2002, Seite 194)

Hierzu ist anzumerken, dass Wagner die Anwendung der Konversationsmaximen auf das Design bzw. die Entwicklung von Software-Programmen, insbesondere das Front-End-Design (was auf dem Bildschirm für die Nutzerin sichtbar ist), bezieht. Während die computerlinguistischen Ansätze versuchen, konkrete Programmstrukturen für eine automatisierte und maschinelle Umsetzung der Konversationsmaximen zu programmieren und bezüglich dieses Unterfangens sicherlich mit weitaus komplexeren Hindernissen konfrontiert werden, setzt Wagner die Applikation mittels einer Analyse bestehender Software-Schnittstellen durch.

Für eine Anwendung in der Mensch-Roboter Interaktion bietet sich eine Kombination computerlinguistischer und sprachwissenschaftlicher Ansätze an. Die Grundannahme, Kommunikation als kooperatives Handeln zu sehen, also als Interaktion zweier Instanzen, stellt dabei die Basis der Überlegungen dar. Die Betonung des Kooperativen zieht eine direkte Verbindung zu den Postulaten und Zielen der soziablen Robotik, da mit der Kooperation der Notwendigkeit einer inhärenten soziablen Komponente entsprochen wird. Das Moment der Matrix oder Orientierungshilfe (vgl. Wagner, 2002) für die Sprecherin und vor allem auch die Adressatin, die sowohl bewusst als auch unbewusst für das Verstehen und Verarbeiten von Äußerungen zur Verfügung steht, betrifft einen weiteren relevanten

Aspekt der Mensch-Roboter Interaktion. Damit wird die Möglichkeit gegeben, das kommunikative Verständnis der Automaten von rechenintensiven Ontologien auf Satz- und vor allem Wortebene mit einem holistischen Kommunikationsansatz zu verknüpfen und damit eindeutige und schnellere (wie auch flexiblere) Sprachverarbeitungsrountinen zu implementieren. Darüber hinaus kann damit die gerade in der Mensch-Roboter Interaktion nicht nur mögliche, sondern auch als wichtiges kommunikatives Element vorhandene non-verbale Kommunikation integriert werden. Beispielsweise stellt die natürliche Distanz zwischen Sprecherin und Adressatin ein ausschlaggebendes Moment erfolgreicher Konversation dar (Schmauks, 1991). Eine Verletzung dieser Distanz – zu kurz oder zu lang – kann zu beträchtlichen paralinguistischen Aussagen führen, welche implizit und unbewusst aufgefasst werden.

Eine Kombination der computerlinguistischen und sprachwissenschaftlichen Ansätze kann sich somit auf folgende Faktoren im Sinne einer Automatenphilologie beziehen:

- Erscheinungsbild des Roboters: Hier können vor allem die Maximen der Relevanz und Modalität überprüft werden. Mit Integration des Erscheinungsbilds des Roboters in dessen Kommunikationsökonomie ist die Modalität (Art und Weise) der Beschaffenheit des Roboters relevant. Die Relevanz-Maxime kann auf die pragmatische Beschaffenheit des Roboters bezogen werden, wie beispielsweise bei Protektionsrobotern im Gegensatz zu Unterhaltungsrobotern. Darüber hinaus ist die Qualitäts-Maxime bezüglich des Wahrheitsgehaltes des Beitrags wiederum auf den Punkt der Anthropomorphisierung und den *uncanny valley*-Effekt applizierbar.
- Roboterverhalten und -kompetenzen: Die Relevanz-Maxime spiegelt die Kompetenzen bezüglich der Aufgabenbewältigung wider. Das heißt, dass an diesem Punkt der Umwelt-Aspekt integriert werden kann, da sich die Relevanz des jeweiligen Beitrags (i. e. Aufgabenbewältigung) nur durch die Interaktion mit der Umwelt herausstellen kann. Ferner trifft hier die Quantitäts-Maxime zu, nach welcher ein Beitrag nicht informativer als nötig gestaltet werden soll und eine übersteigerte Kompetenzpalette (z. B. in Bezug auf die Kombination unterschiedlicher non-verbaler Kommunikationskompetenzen) demnach kontraproduktiv wirken kann.

- Mensch-Roboter Kommunikation: An diesem Punkt sind die vier Maximen relevant und es bietet sich eine Integration auf computerlinguistischer Basis an. Vorzugsweise sollte dies im Rahmen von Spracherkennungssystemen sowie Sprachsyntheseprogrammen geschehen, so dass für beide Systemarten die Konversationsmaximen und konversationellen Implikaturen als sowohl Indikatoren als auch Benchmarks genutzt werden können.

Der nach Wagner vierte nutzentragende Punkt der Grice'schen Konversationsmaximen stellt eine interessante Sollbruchstelle dar.

Grice fokussiert mit seinen Maximen *Informations-Kommunikation*, d. h. in erster Linie *Effizienz* des Austauschs (s. o.). [...] Für die Domäne der Mensch-Computer-Interaktion hat dieser Fokus volle Gültigkeit und deshalb Berechtigung: Ziel der vollkommen zweckgebundenen Interaktion ist eine effektive, reibungsarme Bedienung des Systems durch den Benutzer. (Wagner, 2002, Seiten 193–194)

Die Intention der vollkommen zweckgebundenen Interaktion ist mit den Kategorien der Protektionsroboter und Roboterprothesen übereinstimmend. Wie aber lässt sich dieses Ziel mit den Unterhaltungsrobotern oder soziablen Robotern in Einklang bringen? Diese Frage ist mit dem erkenntnistheoretischen Objekt Wagners aufzulösen: Das Objekt – der Computer – stellt in Wagners Einzelanalysen Software dar, konkret das Textverarbeitungsprogramm *MS Word für Windows*. Damit wird das Objekt zu einem Werkzeug, wobei hier die direkte Interaktion mit dem Werkzeug im Vordergrund steht und bei Wagner von Interesse ist. Damit ist das „Ziel der vollkommen zweckgebundenen Interaktion“ stark eingegrenzt, und soll für die hier vorliegende Arbeit erweitert werden.

Die Extension versteht sich konkret im Sinne der pragmatischen Ausrichtung, wobei das „Zweckgebundene“ per se in der Mensch-Roboter Interaktion von rein faktisch pragmatischen Interpretationen bis hin intentionell und emotional unterfütterten Zielen reichen kann. Auf das Beispiel der Protektionsroboter bezogen ergeben sich damit folgende Ziele beziehungsweise kommunikative Paradigmen: Protektionsroboter umfassen pragmatische und vor allem in der Umwelt direkt feststellbare physische (geographische) Begründungen für die Notwendigkeit einer möglichst effektiven und optimierten Bedienung des Systems durch die Nutzerin. Wie bereits an anderer Stelle diskutiert wurde, werden Protektionsroboter

in der Regel ferngesteuert, da sie in Bereichen zum Einsatz kommen, die für den Menschen zu gefährlich sind.

Aufgrund der spezifischen Situation sind daher die Ziele oder Aufgaben in der Regel klar definiert und ein gemeinsamer Interaktionshorizont notwendigerweise festgelegt. Betrachtet man die Mars-Expeditionen, so erscheinen aus der Perspektive des Laien die Ziele der Expedition sehr gering, vergleicht man diese mit dem hohen zeitlichen und budgetären Aufwand. Besonders die Rezeption in den Medien aber auch bei Wissenschaftlerinnen wirkt bei einer erfolgreichen Expedition durch ihren hohen Erkenntniswert als den eigentlichen Zielen nicht angemessen.

Diese Diskrepanz ist ein Zeichen für das besondere Interaktionsverhältnis zwischen Mensch und Roboter in diesen Fällen. Denn die multiplen Risiko- und Fehlerquellen, welche die Kommunikation zum Erliegen bringen könnten, sind nur für die direkten Interaktionsparteien und gegebenenfalls weitere Expertinnen ersichtlich. Laien und Außenstehende sehen lediglich die Fernsteuerung einer kleinen, mobilen Robotereinheit. Aus linguistischer Perspektive betrachtet findet somit die Interaktion mit einem Gefahrenroboter in einem extrem spezifischen Fachgebiet, einer eigenen Varietät (wenn man so weit gehen mag) statt; Varietät daher, da nicht nur die (verbale) Sprache per se spezifisch ist, sondern auch die Umwelt und deren Beschaffenheit und Gegebenheiten.

5.3 Sprechakttheorie

Eine Anwendung der unter anderem von Austin (1970) eingeführten und dessen Schüler Searle (1980b) weiter entwickelten Sprechakttheorie auf das Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion stellt auf den ersten Blick einen Widerspruch dar. Ein Sprechakt kann definiert werden als die Äußerung einer Sprecherin gegenüber einer Adressatin in einem bestimmten Kontext. Dabei stehen in der Sprechakttheorie weniger die Perlokutionen im Interessensfokus als die kommunikativen Absichten, welche die Sprecherin oder Sprechaktproduzentin mit ihrer Äußerung verfolgen (Illokution).

Für das Gebiet der Mensch-Roboter Interaktion ergibt sich demnach die Frage, ob ein Roboter eigene Absichten haben kann, also Sprechakte (insbesonde-

re illokutionäre Sprechakte) per se möglich sind. Konkretisierend werden nach Searle fünf unterschiedliche Grundtypen von Sprechakten unterschieden. „Assertive“ oder „repräsentative Sprechakte“ werden zur Beschreibung der Umwelt vollzogen, z. B. Aussagen, Feststellungen, Behauptungen, Beschreibungen, etc. Mit „direktiven Sprechakten“ verfolgt die Sprecherin das Ziel, die Kommunikationspartnerinnen zu bestimmten Handlungen zu verpflichten und somit im weiteren Sinne die Umwelt der Sprecherin nach deren gewünschten Vorstellungen zu beeinflussen oder zu verändern. Im Gegensatz hierzu stehen die „kommissiven Sprechakte“, durch die sich die Sprecherin selbst zu bestimmten Handlungen verpflichtet, wie zum Beispiel durch Versprechen, Schwören oder Garantieren. Die „expressiven Sprechakte“ dienen der Sprecherin zum Mitteilen von Gefühlen und Einstellungen, z. B. danken, gratulieren, bedauern, sich entschuldigen. Schließlich sind die „deklarativen Sprechakte“ zu nennen, die sich insofern von den vorherigen vier Sprechakttypen unterscheiden, da sie einen bestimmten Kontext (bzw. institutionellen Rahmen) fordern. Beispiele hierfür sind soziokulturelle Rituale wie Taufen, Heiraten, Ernennen oder Entlassen.

5.3.1 Multi-Agentensysteme

Die in den Multi-Agentensystemen *multi-agent systems* eingesetzten *agent communication languages* (ACL) basieren mehrheitlich – trotz der oben erwähnten Frage bezüglich der Anwendbarkeit der Sprechakttheorie – auf eben diesem Modell. Allerdings bezieht man sich bei der Entwicklung der ACLs weniger auf die theoretischen Paradigmen sondern nimmt das Modell als pragmatischen Ansatz bezüglich eines Rahmensystems für kommunikative Interaktionen. Dabei werden die unterschiedlichen Kategorien illokutionärer Sprechakte auf einzelne Module reduziert, die in eine ACL-Architektur integriert werden.

Duffy und Jacobus (2003) plädieren bezüglich der Interaktion zwischen Mensch und Maschine für eine erweiterte ACL, welche die Nutzerin als Agenten innerhalb eines Multi-Agentensystems definiert. Mit diesem Ansatz bietet sich eine Antwort auf die Frage nach selbstständigen Absichten und Handlungen seitens eines Roboters, da die Dichotomie von Mensch und Maschine aufgehoben wird. Andererseits würden selbstständige Handlungen seitens des Menschen streng genommen nicht in diese Matrix passen.

Auf die Kommunikationsebene bezogen zielt dies auf die Anpassung seitens der Nutzerin an die Kommunikationsstrukturen des Roboters. Das USI (*universal speech interface*)-Projekt an der *Carnegie Mellon University* schlägt diesen pragmatischen Weg ein und argumentiert:

Our general approach to this issue is to have the user and the machine meet halfway. That is, rather than allowing unrestricted natural dialog (which is hard for the system, but easy for the user) or requiring adherence to strict command-and-control sequences each of which is unique to a single application, we ask the user to adapt a bit to a universal style which makes it easier for the system to handle the issues noted above. (Shriver et al., 2001)

Der Ansatz von Duffy und Jacobus sowie des USI-Projektes wurde parallel zur Theorie des *uncanny valley*-Effekts in einem Experiment am *European Media Lab* in Dublin angewandt. In Kapitel 6 wird dieser Ansatz als ein Versuch vorgestellt, die maschinistische Perspektive in der Mensch-Roboter Interaktion zu erweitern.

5.3.2 Computerlinguistische Interpretationen

Auch die Computerlinguistik beschäftigt sich mit Theorien aus der Pragmatik, in der Regel in Bezug auf Spracherkennungssysteme. Grundsätzlich existieren zwei unterschiedliche Paradigmen bei der computerbasierten Interpretation von Sprechakten: Das auf Logik basierende und das probabilistische Paradigma (Jurafsky, 2004). Dementsprechend sind zwei Modelle vorherrschend, welche die maschinelle Interpretation von Sprechakten behandeln. Das erste Modell wurde bezüglich seines Inferenz-Ansatzes von Gordon und Lakoff sowie von Searle motiviert und wird unter anderem bei planbasierten Modellen *plan-based models* oder auch BDI-Modellen (*belief, desire, intention*) angewandt.

The plan-inference approach to dialogue act comprehension is extremely powerful; by using rich knowledge structures and powerful planning techniques the algorithm is designed to address even subtle indirect uses of dialogue acts. Furthermore, the BDI model incorporates knowledge about speaker and hearer intentions, actions, knowledge, and belief that is essential for any complete model of dialogue. (Jurafsky, 2004, Seite 587)

Dabei geht nach Jurafsky das planbasierte Modell – oder auch *plan-inference model* – in Anlehnung an Searles Theorie von der Inferenz wörtlicher Bedeutungen aus.

Jurafsky und Martin (2000) dagegen beziehen sich auf das zweite Modell, probabilistisches Modell *probabilistic model* oder auch *cue-based* genannt. Im Gegensatz zum BDI-Modell, das davon ausgeht, dass jede Äußerung ihre eigene, wörtliche Bedeutung trägt (*literal meaning*), umgeht das *cue-based*-Modell diesen „restringierten“ Ansatz. Restringiert heißt in diesem Fall, dass sich BDI-Modelle hauptsächlich auf direkte Sprechakte beziehen, wie Fragen, Aussagen oder Wünsche, da nur hier eine temporale Vorrangstellung von wörtlicher Interpretation gegeben ist. Der Großteil der Sprechakte bei alltäglicher Kommunikation ist jedoch nicht auf der Oberfläche (i. e. gemäß der wörtlichen Bedeutung) zu interpretieren. Das *cue-based*-Modell geht davon aus, dass auf der Oberfläche des Sprachinputs unterschiedliche Anhaltspunkte (*cues*) gegeben sind, die eine bestimmte (Sprechakt-)Struktur bilden: “What characterizes a cue-based model is the use of different sources of knowledge (cues) for detecting a speech-act, such as lexical, collocational, syntactic, prosodic, or conversational-structure cues” (Jurafsky, 2004, Seite 588).

Auf der Basis dieses Modells entstand eine Reihe neuer Ansätze für die Erstellung von erweiterten künstlichen Dialogsystemen. Es sollen mehr konversationelle Funktionen erfasst werden können als Sprechakte, so dass sich hieraus die umfassendere Bezeichnung *dialogue acts* ergeben hat. Für diese extendierte Herangehensweise besteht Bedarf nach einem grundlegenden Bezeichnungssystem, welches die unterschiedlichen Module erkennen und einordnen kann. Ein Beispiel ist die weit verbreitete DAMSL-Architektur (*dialogue act markup in several layers*), die den unterschiedlichen Äußerungen entsprechende Dialoginformationen zuweist. Der Vorteil von DAMSL-Architekturen besteht darin, dass sie sowohl für aufgabenzentrierte als für auf smalltalkzentrierte ausgerichtete Dialogsituationen anwendbar sind.

5.3.3 Nutzerinnen-Modelle vs. Diskurs-Modelle

Die unterschiedlichen Ansätze bezüglich einer künstlichen Umsetzung bzw. Verarbeitung von Sprechakten lassen sich auf die Diskussionen der späten 1980er Jahre um die Nutzerinnen-Modelle (*user models*) (UM) und Diskurs-Modelle (*dis-*

<p>Das Nutzerin-Modell umfasst alle expliziten Annahmen jeglicher Aspekte bezüglich der Nutzerin, die für den Dialog von Bedeutung sein können.</p> <p>Es repräsentiert den Teil in einem Dialogsystem, in dem folgende Aufgaben realisiert werden:</p>	<p>Das Diskurs-Modell umfasst alle Beschreibungen des Systems bezüglich Syntax, Semantik und Pragmatik des Dialogprozesses.</p> <p>Es repräsentiert den Teil in einem Dialogsystem, in dem folgende Aufgaben realisiert werden:</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Sukzessiver Aufbau eines Nutzerin-Modells 	<ul style="list-style-type: none"> • Sukzessiver Aufbau eines Diskurs-Modells
<ul style="list-style-type: none"> • Das Speichern, Aktualisieren und Löschen von Einträgen im Nutzerin-Modell 	<ul style="list-style-type: none"> • Das Speichern, Aktualisieren und Löschen von Einträgen im Diskurs-Modell
<ul style="list-style-type: none"> • Das Ausstatten anderer Systemkomponenten mit den gespeicherten Nutzerin-Annahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Das Ausstatten anderer Systemkomponenten mit Informationen bezüglich Struktur und Inhalt der vorherigen Einheiten des Dialog
<ul style="list-style-type: none"> • Die Bewahrung der logischen Konsistenz des Modells 	

Abb. 5.1: Nutzerin- und Diskurs-Modell

course models) (DM) beziehen. Diese Dichotomie spiegelt sich heute noch in der Computerlinguistik wider; so umfasst "The Oxford Handbook of Computational Linguistics" (Mitkov, 2003) ein Kapitel zu computerlinguistischen Diskursansätzen (Ramsay, 2003) und ein direkt darauf folgendes Kapitel zu Pragmatik und Dialogen (Leech & Weisser, 2003), wobei letzteres von den oben erwähnten Ansätzen von Grice und Austin/Searle ausgeht. Einer der Hauptunterschiede besteht darin, dass Ramsay den Diskurs weitestgehend unabhängig von der Sprecherin betrachtet, da nach seiner Diskurs-Definition das Hauptmerkmal auf der Kontinuität von multiplen Satzgefügen liegt. In diesem Kapitel werden demnach Diskursstruktur (Anaphora, Pronomen, bestimmte Nominalphrasen), Informationsstruktur (Thema und Rhema, Präsupposition) oder Diskursbäume behandelt.

Ein Interessenschwerpunkt bezüglich der UM und DM Dichotomie liegt in der Frage nach der Komplementarität oder Konvergenz der beiden Ansätze.

Wie in Abbildung 5.1 zu erkennen ist, sind nach Wahlsters Modell-Definition (Kobsa & Wahlster, 1987) eindeutige Parallelen zwischen Nutzerinnen- und Dialog-Modell vorhanden. Ein Hauptunterschied zwischen den Modellen besteht darin, dass Einträge aus dem Nutzerinnen-Modell, in höherem Maße als es bei Dialog-Modellen der Fall ist, aktualisiert und konkrete Einträge gegebenenfalls auch gelöscht werden müssen. Letzterer Vorgang wird bei den Dialog-Modellen gänzlich ausgeklammert. Dies bezieht sich sowohl auf spezifische Aussagen seitens der Nutzerin als auch auf meta-kommunikative Einheiten.

Aufgrund der starken Parallele der funktionalen Struktur beider Modelle lässt sich erkennen, dass bestimmte Informationseinheiten in beiden Strukturen identisch vorhanden sind. Dennoch plädiert Wahlster für eine separate Betrachtung und Behandlung der Modelle, da sich auch identische Informationen in ihrer Funktionalität und Verarbeitungsmodalität entsprechend der UM und DM unterscheiden. In diesem Punkt weicht Wahlster von dem Trend ab, Nutzerinnen-Modelle als Hauptbestandteil von (intelligenten) Dialogsystemen zu betrachten und damit den Dialog-Modellen eine untergeordnete Rolle zu zuweisen. Der in den 1980er Jahren vorherrschende Fokus auf den Nutzerinnen-Modellen spiegelte die Hoffnung wider, mit diesem Ansatz intelligente Dialogsysteme implementieren zu können:

A second reason for the recent emphasis on user modeling is that it has become evident in the last few years that a model of the user is also an important base for intelligent dialog behavior in general, independent of whether the dialog is cooperative or not. Such models are required for identifying the objects which the dialog partner is talking about, for analyzing a non-literal meaning and/or indirect speech acts in his/her contributions, and for determining what effects a planned dialog contribution will have on the dialog partner, [...] . (Wahlster & Kobsa, 1986a)

Da die bei Wahlster und Kobsa (1986a) erwähnten Dialogsysteme, die auf einer Nutzerinnen-Modellierung aufbauten, hauptsächlich auf Service bezogene Dialog-Kontexte fokussierten (z. B. Bahnauskunftssysteme, Hotelreservierungssysteme, Bibliothekssysteme), muss dieser Ansatz detaillierter auf die Mensch-Roboter Interaktion bezogen werden. In der Computerlinguistik bezieht sich die Intergration von Dialogsystemen in der Regel auf Spracherkennungssysteme, die

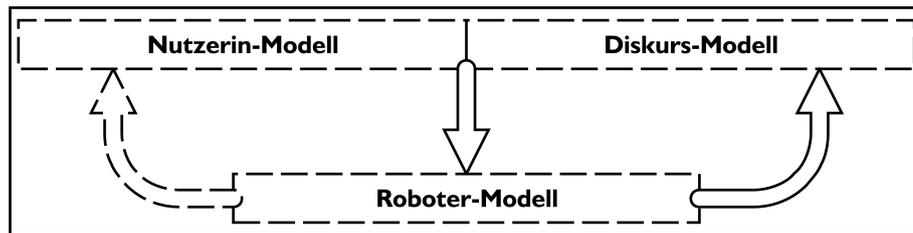


Abb. 5.2: Nutzerin-Diskurs-Roboter: NDR-Modell

entsprechende Wiedergaben oder Reaktionen entweder per Sprachsynthese oder textbasiert vorsehen. In den klassischen Dialog-Kontexten wird somit das Computersystem auf die Funktion einer intelligenten Datenbank mit einem sprachlichen Front-End reduziert, welches in keinem Fall Eigeninitiativen oder selbst-motivierte Handlungen vorsieht.

Während diese System-Modellierung auch auf einige Roboterarten zutrifft, deckt sie sich dennoch nicht mit den primären Zielen von autonomen Robotern. Die primäre Fokussierung auf die Erstellung des Nutzerin-Modells sowie eines angepassten Diskurs-Modells beinhaltet zwar die Rückkoppelung in der Maschine (da hier die Modell-Erstellung stattfindet), doch trifft sie bei weitem nicht die Anforderungen an autonome Roboter. Autonom bedeutet im Kontext von intelligenten Robotern wie Chatbots oder speziellen Service-Robotern den Aufbau einer eigenen Persönlichkeit mit entsprechender BDI-Architektur. Somit ist die Integration eines Roboter-Modells in die oben stehende Abbildung notwendig.

Abbildung 5.2 soll als methodologischer Ansatz bezüglich einer Adaption der Nutzerin- und Diskurs-Modellumgebung fungieren. Die Pfeile signalisieren die Einflüsse bzw. formalen Dependenzien der einzelnen Modelle. Der perforierte Pfeil vom Roboter-Modell zum Nutzerin-Modell deutet eine indirekte Rückkoppelung an, da bezüglich des Hauptziels der soziablen Robotik, Roboter zwar eine eigene Persönlichkeit aufbauen sollen, diese aber der Nutzerin – also auch dem künstlich abgeleiteten Nutzerin-Modell – angepasst werden muss, um soziale Interaktion zu ermöglichen. Dies deutet eine sensible Gratwanderung zwischen Anpassungsfähigkeit und Autonomie an, die auf der Ebene von Persönlichkeitsentwicklung und sozialen Verhaltensmustern eine Herausforderung darstellt.

Unterschiedliche Ansätze befassen sich mit dieser Herausforderung, indem sie die Anpassungsmotivation der Nutzerin stimulieren. Bestimmte Lebewesen be-

dingen aufgrund sozio-kultureller Verhaltensmuster eine erhöhte Anpassungsbereitschaft, wie beispielsweise Haustiere oder Kleinkinder. Die bereits in Kapitel 2 und 3 erläuterten Beispiele für soziabile Roboter wie Kismet und AIBO fallen in diese Kategorie, da Kismet das Roboter-Modell eines Kleinkindes integriert und der Roboterhund AIBO das eines Haustiers. Dennoch ist beispielsweise bei Kismet die Rückkoppelung mit der Nutzerin ein elementarer Bestandteil des Roboter-Modells, da hier ein Fokus auf bestimmten Stimulus-Respons-Verhalten liegt. Anhand der Simulation einer Kind-Eltern (oder Betreuerin im weiteren Sinne) Situation lassen sich eine Reihe von Vorteilen aus Ethologie und Soziologie für einen überzeugenden soziablen Roboter ableiten:

[T]he infant is socially and culturally naive as compared to his caregiver. However, he is born with a rich set of well-coordinated proto-social responses that elicit nurturing, playful, and instructive behaviors from his caregiver. Furthermore, they encourage the caregiver to treat him as being fully socially responsive, sharing the same interpretation of the events that transpire during the interaction as she does. (Breazeal, 2002, Seiten 32–33)

5.4 Konversationsavatare

Embodied conversational agents werden im Folgenden Konversationsavatare genannt, da es sich zum größten Teil nicht um physische Roboter handelt sondern um elektronische, virtuelle Roboter, welche mit Menschen interagieren. “Embodied conversation agents are animated anthropomorphic interface agents that are able to engage a user in real-time, multimodal dialogue, using speech, gesture, gaze, posture, intonation, and other verbal and nonverbal behaviors [...]” (Bickmore & Cassell, In Print).

Konversationsavatare werden auf unterschiedlichen erkenntnistheoretischen Gebieten dazu genutzt, die Erfahrung von menschlicher *face-to-face* Interaktion zu simulieren. Interessengebiete für einen Einsatz dieser Form von Avataren sind pädagogisch (Cassell et al., 2004) oder auch therapeutisch fundiert (Kozima, 2002).

Die Forschungsgruppe um Justine Cassell geht mit dem Begriff des *embodiment* nicht von einem philosophisch oder biologisch fundierten Erkenntnisinte-

resse aus sondern sie sieht die „Verkörperung“ als reine Formgebung mit ihren pragmatischen Vorteilen und deckt damit den Aspekt der physischen Anthropomorphisierung ab: “Embodiment provides the possibility for a wide range of behaviors that, when executed in tight synchronization with language, carry out a communicative function” (Bickmore & Cassell, In Print).

Die Betonung liegt dabei auf einer strikten Trennung von Form und Verhaltensweise, um so ein Maximum an flexiblen und situativ adaptiven Konversationsverhaltensweisen zu erzielen. Cassell et al. (2000) gehen dabei von einer Reihe von generellen Konversationsfunktionen oder -riten aus, welchen sie unterschiedliche kommunikative Verhaltensweisen (ausgedrückt durch den Konversationsavatar) zuordnen.

Die drei Hauptkategorien der kommunikativen Funktionen sind *initiation* und *termination*, *turn-taking* und *feedback*. Zur Kommunikationsinitiierung beziehungsweise -terminierung gehören die Subkategorien *reacting*, *inviting contact*, *distance salutation*, *close salutation*, *break away* und *farewell* (Bickmore & Cassell, In Print). Diesen Funktionen werden folgende kommunikative Verhaltensweisen in chronologischer Abfolge zugeordnet:

- Erste Ergreifung der Initiative (*reacting*): Kurzer Blickkontakt.
- Signalisieren der Dialogbereitschaft (*inviting contact*): Blickkontakt halten, lächeln.
- Initiativenergreifung aus der Ferne (*distance salutation*): Blickkontakt, Kopfnicken, Augenbrauenbewegung (Emporziehen), Winken, Lächeln.
- Initiativenergreifung aus der Nähe (*close salutation*): Blickkontakt, Kopfnicken, Umarmen oder Händeschütteln, Lächeln.
- Dialogabbruch oder -unterbrechung (*break away*): Um sich blicken.
- Verabschiedung (*farewell*): Blickkontakt, Kopfnicken, Winken

Das *turn-taking* wird in passive und aktive beziehungsweise reaktive Verhaltensweisen untergliedert, wobei die kommunikativen Formen insgesamt Aspekte beinhalten wie:

- Blickkontakt, Augenbrauenbewegung (Emporziehen), kurzes Schweigen.

- Handbewegung nach oben und in Richtung der Interaktionspartnerin.
- Wegblicken, Sprechen.

Schließlich differenziert sich die Hauptkategorie *feedback* in die binären Einheiten des *request feedback* und *give feedback*, wobei physische Bewegungen und Verhaltensweisen wie Blicken, Augenbrauenbewegung und Kopfnicken die sich überschneidenden Hauptpunkte sind.

Die Reduzierung von kommunikativen Verhaltensweisen auf insgesamt elf hauptsächlich non-verbale neben verbalen Modulen unterstreicht die Forderung einer Trennung von kommunikativen Funktionen und kommunikativen Verhaltensweisen. Die multiplen Interaktionskontexte werden von einer festen Größe an kommunikativen Modulen begleitet, deren Bedeutung arbiträr von den einzelnen Kontexten abhängig ist. Darüber hinaus können non-verbale Einheiten in Kombination auftreten (z. B. kann der Blickkontakt von Augenbrauen- oder Kopfbewegungen begleitet werden).

Auffallend ist, dass das Modul „Kopfbewegung“ allein aus Kopfnicken besteht und darüber hinaus nicht konstant in allen Subkategorien angewandt wird. Es ist jedoch zu beobachten, dass eine immobile oder fixierte Kopfhaltung einen künstlichen, rigiden Eindruck erwecken kann. Dabei unterstreichen unterschiedliche Kopfhaltungen, wie beispielsweise ein leichtes Neigen zur Seite, kommunikative Eigenschaften und können affirmatives Zuhören bedeuten. Sicherlich sind die Kopfhaltungen auch geschlechterabhängig beziehungsweise konnotiert. Eine tendenziell nach unten blickende Kopfhaltung gilt als weiblich und defensiv (devot).

Zeigehandlungen

Die von Cassell et al. vorgenommene Differenzierung zwischen kommunikativen Verhaltensweisen und kommunikativen Funktionen bietet sich für eine relationale Zuordnung, integriert in einen Programmcode, an. Somit können unterschiedliche Kommunikationskontexte anhand der angewandten Funktionen im Programm übersetzt werden und reziproke oder angemessene kommunikative Verhaltensweisen „produziert“ werden. Dennoch handelt es sich bei diesem

Ansatz aus linguistischer Sicht um eine zu starke Reduzierung der nonverbalen Kommunikation als eigenständiges Zeichensystem.

Die Bezeichnung „eigenständiges Zeichensystem“ referiert an dieser Stelle nicht auf linguistische oder semiotische Diskussionen um das Verhältnis von verbaler und non-verbaler Sprache sondern leitet sich unter anderem von Cassells Ansatz ab, wonach auf programmiertechnischer Basis die Entwicklung und Implementation von non-verbaler Kommunikationsformen als ein eigenständiger Ansatz bezüglich einer optimierten Mensch-Roboter Interaktion angenommen wird.

Eine eingehende Betrachtung des Verhältnisses von verbaler zu non-verbaler Kommunikation aus linguistischer Sicht sieht die Autorin jedoch als Desiderat in der Mensch-Roboter oder generell Mensch-Maschine Interaktion. Denn mit einer Untersuchung dieses Themas ließen sich auch Antworten zu den sprachphilosophischen Fragen nach dem Ursprung der menschlichen Sprache geben. Dabei steht Condillacs Konzept des *langage d'action*, also des gestischen Ursprungs der Sprache, im Kontrast zu beispielsweise Herders oder Humboldts Überzeugung vom wesentlichen Unterschied zwischen (verbaler) Sprache und Gestik. Die hierauf bezogene Metafrage ist dabei ein bedeutender Beitrag zur Theorie der Mensch-Roboter Interaktion. Sie ist für die mögliche Ableitung der menschlichen Sprache aus einfacheren semiotischen Systemen wie etwa aus den Zeichensystemen von Tieren relevant.

Chomsky kann keinerlei fundierte Begründung eine solche Abstammungstheorie sehen: “[T]here is nothing useful to be said about behavior or thought at the level of abstraction at which animal and human communication fall together” (Chomsky, 1972, Seite 70). Opponierende Ansätze befassen sich dagegen mit der Frage nach der Arbitrarität des gestischen Zeichens im Verhältnis zum sprachlichen Zeichen:

Stokoe introduced the term *gSign*, the gestural manifestation of a sign-vehicle in a semiotic system, equivalent to *sSign*, the manifestation of a sign-vehicle in the spoken modality. With this function, Stokoe then asked a critical question: How do *gSigns* relate to language? (Wilcox, 2002, Seite 65)

Exkurs

Die Diskussionen um die Anerkennung von Gebärdensprachen (für die hörgeschädigten Gemeinschaften) im Sinne von eigenständigen Sprachen (wie es bei den Lautsprachen der Fall ist) bietet einen interessanten Denkanstoß für die Integration non-verbaler Kommunikationsformen in die Mensch-Roboter Interaktion. Sie ist eine Kombination aus Zeichen (Gebärden), Mimik, Körperhaltung und Mundbild und wurde fälschlicher Weise über einen langen Zeitraum hinweg mit Gesten gleichgesetzt. Heute definieren die hörgeschädigten Gemeinschaften einen eigenen Kulturraum und betrachten die Gebärdensprache als ihre eigene Muttersprache. Es liegen bereits „bilinguale“ Ansätze bezüglich des Erlernens der Muttersprache (Gebärdensprache) und der Lautsprache als erste Fremdsprache vor.

Gebärdensprachen weisen eine hohe Komplexität in grammatikalischer Struktur und Varietät auf. So existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Gebärdensprachen (z. B. die Deutsche Gebärdensprache (DGS), die American Sign Language (ASL), die British Sign Language (BSL), die Langue des Signes Française (LSF) oder die New Zealand Sign Language (NZSL)), welche jeweils eigene Soziolekte und Dialekte aufweisen können. Bezüglich ihrer grammatikalischen Struktur bestehen Untersuchungen, welche – wie bei den Lautsprachen – Grammatikalisierungsprozesse in den Gebärdensprachen belegen. Beispielsweise dokumentierte Shaffer in Bezug auf die American Sign Language die Entstehung des grammatikalischen Futur-Morphems aus dem lexikalischen Morphem „go“ (zitiert in Wilcox, 2002). Der damit dokumentierte evolutionäre Charakter der Gebärdensprache kann parallel zu Steels' „Talking Heads“-Experiment und Ansatz einer Robotersprache innerhalb einer Robotergemeinschaft gesehen werden.

Mit der Erörterung der Gebärdensprache in Bezug auf non-verbale Kommunikationspotenziale bei Robotern soll nicht angeregt werden, eine Roboter-Gebärdensprache zu entwickeln. Dennoch bietet dieser kurze Exkurs mehrere Anknüpfungspunkte bezüglich einer Diskussion um die exhaustive Integration von Zeigehandlungen, Gestik und Mimik als vollwertiges Kommunikationsvehikel. Vollwertig in dem Sinne, dass die reine Adaption bzw. Imitation einzelner Gesten oder Zeigehandlungen in eine Roboter-Architektur für einen automatenphilologischen Ansatz nicht ausreichend sein kann. Die bestehenden Modelle und Programme müssen beispielsweise die sozio-kulturelle Mikroebene mit

einbeziehen. Hierdurch würde die Möglichkeit entstehen, eine optimierte und dynamische Mensch-Roboter Interaktion zu erzielen, in der durch Zeigehandlungen ein subjektiver Bezug zur Umwelt hervorgerufen werden kann, da soziokulturelle Faktoren berücksichtigt werden.

5.5 Der Computer als Kommunikationsraum

Mit dem Fokus auf den Avatar als Roboterform wird der Interaktionsraum zwischen Nutzerin und Roboter zumindest teilweise in Richtung Computer verschoben. Während in den vorherigen Kapiteln bereits auf die potenziellen Einflussbereiche, die sich auf die Mensch-Computer Interaktion beziehen, Bezug genommen wurde (z. B. *usability engineering*, *software engineering*), befasst sich dieser Abschnitt mit unterschiedlichen Ansätzen aus den Geistes- und Sozialwissenschaften.

Hierbei bietet sich die Terminologie *computer-mediated communication* (CMC) als Oberbegriff an, da hierunter die verschiedenartigen „Kommunikationsräume“ innerhalb des Computers verstanden werden können. Dazu zählen unter anderem die uni-direktionale Softwarenutzung wie bei der Textproduktion (vgl. Wagner, 2002), die Hypertextforschung (vgl. Landow, 1994) oder die mit dem Internetprotokoll verbundenen Kommunikationsmodalitäten wie elektronische Post, IRC (*Internet Relay Chat*), virtuelle Gemeinschaften und Spiele (MUDs), elektronische Diskussionsforen, BBSs (*Bulletin Board Systems*) und die so genannten Blogs (von „Weblog“).²

Das Gebiet CMC wird in der Regel im Bereich der textbasierten Kommunikation angesiedelt (Herring, 2003). Um zu einem für diese Arbeit anwendbaren methodologischen Diskurs zu gelangen, soll im Folgenden auf drei ausgewählte Paradigmen der CMC zurück gegriffen werden:

²Bei den Blogs handelt es sich um eine neue Form hypertextueller Vernetzung und Publikation. Es sind Nachrichten- oder Tagebucheinträge die als hervorstechendes Merkmal eine intensive Vernetzung mit anderen Blog-Einträgen aufweisen. Das Merriam-Webster Wörterbuch definiert Blogs als „a Web site that contains an online personal journal with reflections, comments and often hyperlinks“, und kürte es als das Wort des Jahres 2004 mit der höchsten Nachschlagquote auf den Internetseiten des Wörterbuchs. Auch im OED ist Blog bereits festgehalten, was indirekt für die rapide Verbreitung von Blogs spricht. So ist es praktisch jedem möglich einen eigenen Blog zu eröffnen und zu pflegen, um damit private, politische oder andere Meinungen zu veröffentlichen.

- Avatar- und Kommunikationsdesign
- *Computer-mediated discourse analysis* (CMDA)
- Statistische Textanalyse im weiteren Sinne

5.5.1 Avatar- und Kommunikationsdesign

T. L. Taylor befasst sich mit den Methodologien und Modalitäten der virtuellen Verkörperung (*embodiment*). Abgeleitet von der Rolle, die der Körper per se in der realen Welt innehat, betrachtet sie den virtuellen Körper in Online-Gemeinschaften ebenso als eines der wichtigsten und gleichzeitig aussagekräftigsten Phänomene: “Our bodies are central to our lives as social beings. They shape and facilitate our identity as well as our interactions and experience with the world and others” (Taylor, 1999, Seite 2). In Anbetracht der hohen Popularität von Interaktionen in virtuellen Gemeinschaften und der willentlichen Identifikation des realen „Selbst“ mit virtuellen Identitäten, stellt sich die Frage, welche Mechanismen hierfür verantwortlich zeichnen. Mit einer genaueren Betrachtung eben dieser Mechanismen ließe sich ein methodologischer Rahmen für die Produktion von soziablen Avataren ableiten, deren Identität nicht von den Nutzerinnen angenommen werden soll, sondern die als eigenständige Individuen mit eigener Identität für die soziale Interaktion akzeptiert werden kann. Taylor nimmt für die Betrachtung eine für diese Arbeit Nutzen bringende kritische Position ein und hinterfragt:

What does it mean then when someone wants to talk about the structure of online life? The all-too-simple framework—one that equates *offline* with embodied experience and *online* with disembodied minds floating in cyberspace—needs to give way to a more complicated understanding and exploration of the actual *material* of our online lives, a significant part of which is made up of software and code.

In the case of virtual environments, the artifacts used for embodiment (be it avatars or text-based forms) exist as code, created by a programmer and/or designer with a particular range of functionality and affordances. This software object then acts as the material upon which an experience of embodiment is built. (Taylor, 2004, Seite 261)

Zu bemerken ist hier eine Parallele zu Knuths Konzept des *literate programming*, da auch hier der Programmcode eine bestimmte Form ästhetischen Sineserlebnisses darstellt bzw. darstellen soll. Wie auch Knuth eine standardisierte Form der Programmstruktur vorschlägt, findet sich ebenso in der Programmierung von Avataren eine bestimmte formale Sprache, die so genannte VRML (*virtual reality modeling language*). Hierbei handelt es sich um eine vom HTML-Protokoll stark abweichende Programmiersprache, die von Silicon Graphics Inc. (SGI) entwickelt wurde und aus dem "Open Inventor Programmiercode" (eine objekt-orientierte, 3D Grafiksprache) entstanden ist. Zusammengefasst wird VRML auch als animierte Szenenbeschreibungssprache bezeichnet. Die weit verbreitete Anwendung dieser Sprache hängt unter anderem mit ihrem „simplen“ Baukastenprinzip zusammen: Die komplexen dreidimensionalen Objekte müssen nicht einzeln programmiert werden, sondern können aus bereits vorgegebenen Modulen (z. B. für Würfel und Kegel) zusammen gesetzt werden. Dies vereinfacht die Arbeit an dreidimensionalen Welten erheblich, wie im folgenden Beispiel für die Programmierung eines Würfels zu sehen ist:

```
Cube {  
  width 2 # SFFloat  
  height 2 # SFFloat  
  depth 2 # SFFloat  
}
```

An dem Beispiel ist zu erkennen, dass mit einem singulären Lexem (*cube*) eine Vielzahl an Rechen- und Programmierschritten, die zur Produktion von dreidimensionalen Objekten notwendig sind, zusammengefasst wird. Darüber hinaus ist es der Programmiererin freigestellt, das Mustermodell nach ihrem Belieben oder Bedarf zu definieren. Im Beispiel sind Nutzerinnen spezifische Maßangaben (*width*, *height*, *depth*) zu erkennen, die durch weitere Eigenschaften bezüglich Farbe oder Dynamik erweiterbar sind.

Ma, Greening, Marvit und Brush plädieren für eine erweiterte, standardisierte Beschreibungssprache von Avataren und virtuellen Welten:

Avatar standardization is critical for the growth of the virtual world industry. As virtual worlds become widely deployed, users will want to move from one virtual world to another, carrying their physical at-

tributes, belongings, mood, behaviors and preferences with them in one universally recognized format. Virtual world content providers will market to those avatars, and so buying patterns, monetary exchange, security, and authentication must be maintained in the avatar. (Ma, Greening, Marvit, & Brush, 1996)

Während bereits die Notwendigkeit diskutiert wurde, intelligente Software Agenten zu befähigen nicht nur mit der Nutzerin zu interagieren sondern auch mit anderen Agenten im Kontext von Aufgabenkooperationen, soll das von Ma et al. vorgeschlagene Konzept des *universal avatar definition file* bezüglich einer Adaption kommunikativer Kompetenzen diskutiert werden.

Das folgende Beispiel ist ein Auszug aus Ma et al. (1996) entnommen, das gesamte Programm-Transkript ist im Anhang nachzuschlagen:

```
#VRML Draft #2 V2.0 utf8

WorldInfo {
  info [ "Sample_source_for_Universal_Avatar_Definition_file" ]
  title "Avatar_Sample"
}

# --- Begin sample source for Universal Avatar Definition File ---

# --- I. User Personal Profile ---

:

DEF MyPersonalProfile AvatarPersonalProfile
{
  userPage "http://www.vwvvendor.net/user3211/profile.html"
}

# --- II. Avatar Modeling and Behavior Information ---

PROTO AvatarTypes [ exposedField MFNode types [ ] ]

:

PROTO AvatarAnimations [ exposedField MFNode types [ ] ]
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}

PROTO AvatarOneAnimation [
  exposedField SFString type ""
  exposedField SFString url ""
]
```

```
:  
  
# --- III. The following are encrypted, encapsulated trust and  
#   commerce systems ---  
  
:  
  
DEF MyTrust AvatarTrust {  
  access "full"  
  certificates [  
    AvatarOneCertificate {  
      type "certificate/pgp.com/"  
      url "http://www.vwvvendor.com/user3211/pgp/mycert.crt"  
    }  
  ]  
:  
  
# --- IV. The following are embedded interworld communications  
#   systems ---  
  
:  
  
AvatarCommunication {  
  communications [  
    AvatarOneCommunication {  
      type "communications/voxware.com/vapi"  
      url "http://vapi.vwvvendor.com/vapiserver"  
    }  
    AvatarOneCommunication {  
      type "communications/itu.ch/h.323"  
      url "http://itu.vwvvendor.com/itu.h.323"  
    }  
  ]  
}  
  
# --- Lipsynching and emotional defaults to be handled later?---  
  
# --- V. The following are embedded marketing profiling systems  
#   ---  
# --- and vendor specific extensions ---  
  
:  
  
AvatarMarketProfile {  
  agent "http://www.vwvvendor.com/user3211/myagent.exe"  
  representative "http://market.vwvvendor.com/marketserver"  
  access "compensated"  
}  
  
# --- End sample source ---
```

Dieses Beispielskript ist in fünf Hauptpunkte aufgeteilt. So beinhaltet der erste Teil (die einzelnen Hauptpunkte sind mit römischen Ziffern beschrieben) generelle Informationen über die Nutzerin. Bei Bedarf kann diese bestimmen, welche persönlichen Details in diesen Part aufgenommen werden, wie beispielsweise Alter, Geschlecht, Beruf.

Der zweite Teil bezieht sich auf die grundlegenden Deskriptionen des Avatars, wie Modellspezifika, Animationen oder Aktionsrahmen.

Während die ersten beiden Teile optional ausgefüllt werden können, handelt es sich bei Teil drei um notwendige Sicherheitskodierungen. Diese sind notwendig, wenn die Avatare beispielsweise für Online-Einkäufe zuständig sind oder über Informationen verfügen, die nicht der allgemeinen Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden sollen.

Teil vier beschreibt die Möglichkeiten zu den so genannten *inter-world communications*. Hierbei wird Bezug genommen auf den Bedarf mit anderen Avataren oder Nutzerinnen in Kontakt zu treten, die sich in einer anderen Online-Gemeinschaft befinden.

Der letzte Teil beinhaltet schließlich alle sonstigen Informationen, wobei es sich um bestimmte Nutzerinnenprofile oder auch Marktbeschreibungen handeln kann (bezüglich von Online-Käufen und -Verkäufen).

Ein ausschlaggebender Unterschied zwischen den Diskussionen um das Design von Online-Gemeinschaften und der Konzeption von intelligenten Software-Agenten oder soziablen Avataren ist in den grundlegenden Überlegungen zu finden. Die grundlegende Überlegung von Programmiererinnen oder Designerinnen von Online-Gemeinschaften besteht darin, nach den Aktivitäten zu forschen, in die man die Nutzerinnen involvieren will und wie diesbezüglich die Avatare diesen Prozess initiieren, untermauern und formen können. Dieser Ausgangspunkt ist auch in der Struktur des *universal avatar definition file* zu finden.

Auf der anderen Seite stehen Überlegungen zur Konzeption von Interaktionen zwischen Nutzerinnen und soziablen Avataren, was die Hervorbringung virtueller Persönlichkeiten beinhaltet.

[...] I would like to propose a critical intervention that suggests we take seriously the ways system architectures can act as a powerful shaping force for how life gets lived online [...]. At stake in this recognition is the ability to interrogate the assumptions and possibili-

ties we encounter in multiuser environments, as well as the search to find ways to engage producers in dialogue that leads to more progressive design. (Taylor, 2004, Seite 261)

Obwohl sich Taylor lediglich sekundär mit dem Design von Dialogstrukturen in Online-Gemeinschaften beschäftigt, stellt die Forderung einen interessanten Ansatzpunkt für die Integration von Dialogarchitekturen in VRML-Programmcodes dar. Forderungen nach einer akzeptablen und erkennbaren Persönlichkeitsstruktur von soziablen Avataren werden mit dem *universal avatar definition file* nur ansatzweise erfüllt. Hier werden äußere Merkmalstrukturen wie auch konnektionistische Kompetenzen (in Bezug auf die Interaktion mit anderen Avataren) und Sicherheitsparameter definiert. Jedoch stellt die „mutuale Dialogfähigkeit“ (vgl. Kapitel 1) eine der bedeutendsten Voraussetzungen dar, Persönlichkeit und Intelligenz zu simulieren und darüber hinaus dynamisch weiter zu entwickeln.

In Anlehnung an das Beispiel des *universal avatar definition file* wäre daher eine weitere, sechste Kategorie denkbar: *Communication of the self*. Nach dem Prinzip des Baukastensystems bietet sich eine Datenbank von unterschiedlichen Kommunikations-Charakteren an. Eine Analyse der Chatbot-Entwicklung weist in eine ähnliche Richtung, da hier menschliche Intelligenz unter anderem mit der kohärenten Beibehaltung eines bestimmten Diskurstils und durch Charaktereigenschaften simuliert wird.

Diese Kommunikations-Charaktere können unterschiedliche Eigenschaften beinhalten wie spezifische Soziolekte, Dialekte, Fachsprachen oder Quantität. Sicherlich stellt die Lernfähigkeit oder Adaptionfähigkeit der Avatare eine der größten Hürden in der Entwicklung dar. Es soll jedoch in Kapitel 6 verdeutlicht werden, dass die Kohärenz eines Diskurstils bereits ausschlaggebend sein kann für die Akzeptanz und den Faktor der Soziabilität des Avatars.

Abschließend ist zum Thema des Avatar- und Kommunikationsdesigns festzuhalten, dass mit der Betrachtung der virtuellen Roboter (Avatare) als Programmcode der Weg für eine Integration computerlinguistischer Methodologien bereitet wird. Damit findet sich eine formalistische Herangehensweise, in der Sprache in ihrer binären Reduktion als Verkapselungsmoment mutualer Dialogfähigkeit genutzt werden kann.

5.5.2 Computer-mediated discourse analysis

Susan Herring beschreibt das Paradigma des *computer-mediated discourse analysis* (CMDA) als den auf die Sprache fokussierenden Ansatz innerhalb des Bereiches *computer-mediated communication* (CMC). Abgrenzend zur traditionellen Diskursanalyse definiert Herring:

CMDA differs from other forms of discourse analysis in that its descriptive and interpretive apparatus crucially takes into account the technological affordances of CMC systems. Moreover, its methodological *toolkit* is customized to address common phenomena in CMC, and its analyses are socially, culturally, and historically situated in the larger Internet context. (Herring, 2004, Seite 66)

Der für diese Arbeit ohne weiteres zu übernehmende Ansatz bezieht sich auf die Tatsache, dass ein methodologischer Rahmen entwickelt wurde, der traditionelle sprachwissenschaftliche Werkzeuge und Theorien übernimmt und mit den genuinen Anforderungen des spezifischen Diskurskontextes (CMC) vereint. Im Folgenden wird die Autorin erläutern, dass das CMDA-Paradigma mit bestimmten Variationen im Design und in der Analyse von Mensch-Roboter Dialogen anwendbar ist.

Methodologischer Korpus

Der hier zu beschreibende methodologische Korpus bezieht sich auf den sprachwissenschaftlichen Ansatz von Herring. Da CMDA im weiteren Sinne auf jegliche Analyse von CMC zutrifft, findet sich dementsprechend eine Vielzahl an differenzierenden Ansätzen, wie beispielsweise aus den Bereichen Anthropologie, Pädagogik, Informationswissenschaften, Linguistik, Soziologie oder Bibliothekswesen.

Herrings Ansatz beinhaltet zwei interpretative Apparate, wobei der erste ein Klassifikationsschema für kontextuelle Variablen darstellt. Konkret werden in diesem Klassifikationsschema „technologische“ und „situative“ Variablen festgestellt. So können die technologischen Variablen unterschiedliche Punkte wie Synchronizität, Kommunikationskanäle (Text, Audio, Video, Graphik) oder Persistenz der Transkripte/Texte aufweisen, während die situativen Variablen auf einer persönlicheren Ebene deskriptiv sind, wie zum Beispiel demographische

Informationen zu den Interaktantinnen, Intention, Thema, Ton, Normen der Interaktion oder linguistische Codes (Sprache, Schriftsystem, etc.) (Herring, 2004).

Der zweite interpretative Apparat wendet die Konzepte und Methodologien an, welche die konkreten sprachlichen Einheiten analysieren. Dabei kann innerhalb des CMDA auf eine breite Palette von unterschiedlichen, sprachwissenschaftlichen „Werkzeugen“ zurück gegriffen werden. Herring unterscheidet hier zwischen der strukturellen Ebene (Apparat I) und der Bedeutungsebene (Apparat II).

Generell wird CMDA auf vier unterschiedlichen Ebenen angewandt. Die Erste – Struktur – bezieht sich wiederum auf den Ansatz des ersten interpretativen Apparats. Die zweite Ebene, Bedeutung, entsprechend auf den zweiten Apparat. Die dritte und vierte Ebene können interpretierend aus den ersten beiden abgeleitet werden bzw. anhand der angewandten Analysen: “The interactional level includes turn-taking, topic development, and other means of negotiating interactive exchanges. The social level includes linguistic expressions of play, conflict, power, and group membership over multiple exchanges” (Herring, 2003). Zusätzlich, in Anbetracht des spezifischen Kontextes (CMC) integriert Herring eine fünfte Ebene, welche die Partizipationsmuster beschreibt. Hierbei handelt es sich um die jeweilige Länge und Häufigkeit der ausgetauschten Spracheinheiten.

Anwendungsparameter

Eine der am häufigsten vorkommenden Anwendungen der CMDA ist die Analyse von elektronischer Post bzw. Interaktionen per Email. In einer qualitativen Analyse bietet sich das Konzept der Sprechakttheorie an, welches bei Herring (2004) in Kombination mit einer deskriptiven Makrosegmentierung angewandt wird.

Anhand folgender Email werden die Anwendungsparameter von Herring exemplarisch übernommen, wobei in Kapitel 6 eine ausführliche Analyse vorgenommen wird.

Dear All,

I have just noticed that the hinge on my powerbook is not balanced.

5 Diskursanalyse und Pragmatik

When I close it, the left side touches, but the right side does not.

This may only affect the new powerbooks. So you may be ok Frauke.

The key thing, which I do wrong, is open and close my screen from the right hand side rather than the middle. SO REMEMBER TO OPEN AND CLOSE THE SCREEN FROM THE MIDDLE. In the long term it may save your hinge from breaking and your screen from not working.

Regards

G

Diese Email wurde an eine Reihe von Forscherinnen geschickt, die gemeinsam an einem europäischen Verbundprojekt im Informatik-Bereich arbeiten. Der Absender arbeitet an einer Londoner Universität und ist Computerwissenschaftler. Die Email stellt eine interessante Abweichung der regulären Email-Korrespondenz dar, da sie sich nicht mit dem Projekt befasst, sondern innerhalb dieser Forschungsgemeinschaft eine weitere Gruppe anspricht, nämlich die der Macintosh-Nutzerinnen. Der plötzliche Kontextbruch stellt aus Sicht der Mac-Nutzerinnengemeinschaft eine reguläre Form der Kooperation dar: Es ist üblich, neue Erkenntnisse oder Tipps ohne direkten Kontext zu kommunizieren. Daher findet sich auch kein einleitender Absatz, in dem der neue Kontext erläutert wird.

Bezüglich des Ansatzes des ersten interpretativen Apparats finden sich folgende Variablen:

- Technologische Variablen: synchrone Textnachricht; multiple Betriebssystem-Kompatibilität; persistent (kein Zeitlimit der Nachricht per se).
- Situative Variablen: *one-to-many* Nachricht; reale Identitäten; semi-professioneller Kontext; Adressant und Adressatinnen stammen aus unterschiedlichen Kulturkreisen (England, Deutschland, Italien, Malaysia); alle Beteiligten sind versierte Computer-Nutzerinnen; akademischer Kontext; Intention ist die Mitteilung einer technischen Besonderheit bei Macintosh Powerbooks (Laptops); Adressant spricht eine Gruppe allgemein an; Adressant spricht einmalig eine bestimmte Person aus dieser Gruppe an; der Ton ist semi-formal, freundlich und teilweise kolloquial.

No.	Message Units/Propositions	Functional Moves/ Speech Act Labels
1.	Dear All,	Greeting
2a.	I have just noticed . . .	Explanation
2b.	the hinge on my powerbook is not . . .	Explanation
3.	When I close it, the left side touches . . .	Evaluation
4.	This may only affect . . .	Suggestion
5.	So you may be ok . . .	Reassurance
6.	SO REMEMBER To OPEN AND CLOSE . . .	Suggestion
7.	it may serve your hinge from breaking . . .	Assertion
8.	Regards	Promise (formulaic)
9.	G	Signature

Tabelle 5.1: *Functional moves* und Makrosegmentierung nach Herring (Herring, 2004)

Eine Analyse auf der Bedeutungsebene (Apparat II) stellt in Anlehnung an Herring die Unterteilung der einzelnen Textsegmente in so genannte *functional moves* dar (von Herring modifizierte Sprechakt-Kategorien) sowie eine Zusammenfassung von Makrosegmenten, welche die Kohärenz des Textes verdeutlichen sollen. Tabelle 5.1 zeigt eine Analyse auf der Bedeutungsebene. Da in Kapitel 6 eine ausführliche Diskursanalyse (auf der Basis eines für diese Arbeit erweiterten CMDA-Modells) zu einem elektronischen Textkorpus dargestellt ist, wird diese Analyse nur exemplarisch und daher innerhalb des terminologischen wie auch sprachlichen Raumes von Herring (Herring, 2004, Seite 70) durchgeführt.

Eine Analyse der Interaktionsebene wurde bereits mit der Kontext-Loslösung und der spezifischen Nutzerinnen-Gruppe angesprochen. Daher ist an dieser Stelle eine Auflistung der Interaktionsstruktur bezüglich des Email-Austauschs über einen längeren Zeitraum hinweg nicht angebracht (vgl. Herring, 2004). Erwähnenswert ist jedoch, dass im Anschluss an oben stehende Email nur wenige Stunden später die für diese Nutzerinnen-Gruppe (Macintosh-Nutzerinnen) typische Antwort seitens einer der Adressatinnen kam. Diese beinhaltete einen weiteren technischen Aspekt bezüglich der Handhabung von Macintosh Powerbooks, was durchaus Teil der sprechakttheoretische Tradition dieser Kommunikationsgemeinschaften ist.

Die soziale Funktion dieser Email ist als symptomatisch für bestimmte Nutzerinnen-Gruppen im Informationstechnologie-Bereich zu sehen. Der Stil ist überwiegend kurz, das heißt dass keine langen Einführungen, Erläuterungen oder andere Höflichkeitsformeln gebraucht werden. Typisch hierfür ist die abschließende Abkürzung des Adressanten-Namens mit "G". In weniger professionellen oder formalen Kontexten finden sich darüber hinaus eine Vielzahl an Akronymen und genre-spezifischen Lexemen. Der plötzliche Adressatinnenwechsel – von einer allgemeinen Gruppenansprache ("Dear All") hin zur persönlichen Ansprache ("So you may be ok Frauuke.") – ist ebenso üblich und kann als gruppenbildendes Moment gesehen werden. Darüber hinaus bekräftigt es die Expertise des Adressanten, da dieser zwischen den unterschiedlichen Laptop-Generationen unterscheidet ("This may only affect the new powerbooks.").

Geschlechtsspezifische Diskursmerkmale unterstreichen das männliche Geschlecht des Absenders insofern, da keinerlei positive Höflichkeitsmerkmale (Herring, 2004) wie *appreciate*, *look forward to*, *sound great* angewendet werden. Negative Höflichkeitsmerkmale treten dagegen in Form des Modalverbs *may* an zwei Stellen auf. Darüber hinaus wird die Relevanz des Ratschlags seitens des Adressanten durch Kapitalschrift bekräftigt ("SO REMEMBER TO OPEN AND CLOSE THE SCREEN FROM THE MIDDLE."), welche laut Email-Etikette als lautstark und dominant interpretiert wird.

Anwendungsraum

Die exemplarische Anwendung von Methodologien aus der CMDA ist sicherlich nicht vollständig für den Anwendungsraum der Mensch-Roboter Interaktion übertragbar. Dennoch zeigt das Beispiel, dass der sozio-kulturelle Kontext von Dialogen bestimmter Nutzerinnen-Gruppen eindeutigen Einfluss auf die Beschaffenheit des Dialogs hat. Somit sind Kontext-Abweichungen oder fließende Register-Wechsel durchaus akzeptabel, wenn sie sich innerhalb einer genre-spezifischen Tradition befinden.

Für das Gebiet der Mensch-Roboter Kommunikation stellt sich ein *robot-mediated discourse analysis* (RMDA) Paradigma als gewinnbringende Quelle zur

Optimierung von Mensch-Roboter Dialogen dar.³ In Anlehnung an Herring handelt es sich somit um die dem Mensch-Roboter Kontext angepasste Diskursanalyse, welche einerseits deskriptiv und andererseits erläuternd angewandt werden kann.

Deskriptiv bedeutet, dass bestehende Korpora von Mensch-Roboter Dialogen anhand von RMDA-Methodologien analysiert werden können und bei Bedarf vergleichend CMDA-Ergebnissen von Mensch-Mensch Dialogen gegenüber gestellt werden können. Gleichfalls bieten die RMDA-Ergebnisse eine formale erläuternde Grundlage zur Optimierung von künstlichen Diskurs-Architekturen.

Die Terminologie RMDA ist von der Autorin bewusst gewählt: Der Ausdruck *robot-mediated* reduziert den Roboter auf ein dem Computer angelehntes reines Kommunikationsvehikel, was den eigentlichen Zielen der soziablen Robotik widerspricht. Doch bietet der Ausdruck die Möglichkeit, sich dem Kontext von Mensch-Avatar Dialogen anzupassen. Die agierenden Avatare oder Softbots basieren auf von Programmiererinnen (oder bestenfalls Computerlinguistinnen) vordefinierten Kommunikationsmustern, Sprachvariablen, Lexika und Kontextwissen. Dies bedeutet, dass die BDI-Architektur, welche eine wichtige Variable in der Persönlichkeitssimulation bei Robotern darstellt (Duffy, 2000), auf den Ansichten und Intentionen der Programmiererinnen basiert. Dieses komplexe Verhältnis zwischen Programmiererin, Roboter und Mensch wird daher mit der Terminologie *robot-mediated* berücksichtigt und kann in die Analyse von Roboter-Mensch Dialogen einfließen.

5.5.3 Statistische Textanalyse im weiteren Sinne

In diesem Abschnitt werden drei formale Textanalyse-Werkzeuge vorgestellt, die sich in einen pragmatischen Ansatz der Automatenphilologie einfügen und diesen zudem ergänzen. Eine vertiefte Diskussion der statistischen Textanalyse und/oder Korpuslinguistik ist an dieser Stelle nicht notwendig, da damit die eigentliche Intention dieses Kapitels – die Deskription und Diskussion eines pragmatischen Ansatzes der Automatenphilologie – aus dem Blick geraten würde.

³In Kapitel 6 wird eine genaue Analyse eines Mensch-Roboter Dialogs durchgeführt in Kombination mit einer Vertiefung der spezifischen Methodologien und Implikationen.

Die Integration korpuslinguistischer Ansätze als explizites Werkzeug der Mensch-Roboter Interaktion ist im Wesentlichen durch zwei Hauptargumente zu begründen. Das erste Argument bezieht sich auf die grundlegende Definition des Korpus – in der Korpuslinguistik wie auch in der Robotik. In Kapitel 3 und 4 wurde bereits auf die Frage der Verkörperung und der damit verbundenen Umwelt des Roboters eingegangen. Eine Abstrahierung des Roboter-Korpus auf die Textebene findet sich bereits in Kapitel 4 und 5 ebenso wie nähere Erläuterungen bezüglich der erweiterten Analyse- und Entwicklungsmodelle.

Mit McEnerys Definition des Korpus per se wird eine weitere Parallele zwischen Korpuslinguistik und Robotik angesprochen: “Corpus data are, for many applications, the raw fuel of NLP, and/or the testbed on which an NLP application is evaluated” (McEnery, 2003, Seite 448). Dass auch Roboter als *testbed* für soziale Verhaltensmuster und Ergebnisse aus Kognitionswissenschaften und Psychologie fungieren, wird unter anderem von Breazeal aufgeführt (Breazeal, 2002).

Damit ist es durchaus möglich, das Akronym *NLP* mit *sociable robotics* zu substituieren, womit bereits das zweite Hauptargument angedeutet wird. Sprache und generell Kommunikationsmuster der Roboter können somit auf einer Metaebene als Korpus betrachtet und ausgewertet werden. Hierunter zählen technologische Aspekte wie Sensorfunktionen, Modulhierarchien und deren Komplementarität, aber auch non-verbale und verbale Äußerungen. Neben der oben diskutierten diskurstheoretischen Auswertung bietet eine statistische (formale) Analyse eine zweite Betrachtungsweise, welche die diskurstheoretischen Ergebnisse unterstützen oder bestenfalls weiter ausführen soll. McEnery und Wilson unterstreichen die Auffassung von korpuslinguistischen Methoden als komplementäres Werkzeug: “[C]orpus linguistics is a methodology that may be used in almost any area of linguistics, but it does not truly delimit an area of linguistics itself” (McEnery & Wilson, 1997, Seite 2).

Werkzeuge

Im folgenden Kapitel wird eine quantitative Textanalyse auf der Basis ausgewählter Transkripte aus dem Loebner-Preis Korpus durchgeführt. Dabei handelt es sich um vom Computer übermittelte, textbasierte, synchrone Dialoge zwischen Mensch und Roboter (Chatbots). Als Analysewerkzeug fungiert ein verbreite-

tes Konkordanz-Programm ("Concordance"), das eine klassische Textanalyse bezüglich Typen/Token Verhältnis, Satzanzahl, Wortmenge und Wortlängen durchführt. Damit kann bereits verdeutlicht werden, wie viele unterschiedliche Wörter wie häufig genutzt und in welchem durchschnittlichen Satzumfang gesprochen werden.

Das Gender Genie

Ein weiteres Textanalysewerkzeug ist das *Gender Genie*, bei dem es sich um einen von Moshe Koppel und Shlomo Argamon entwickelten frei über das Internet (<<http://www.bookblog.net/gender/genie.html>>) nutzbaren Algorithmus handelt, der Texteingaben bezüglich der Textproduzentinnen auswertet. Das Programm kann auf der Basis einer Eingabe von mindestens 500 Wörtern angeben, ob ein Mann oder eine Frau die Textautorin sind, wobei zwischen fiktiven oder nicht-fiktiven sowie Blog-Einträgen zu unterscheiden ist.

Normalerweise sehen computergestützte Textkategorisierungen die automatisierte Zuweisung oder Filterung von Text-Thema und Autorin vor. Der Ansatz von Koppel und Argamon dagegen besteht aus einer übergreifenden Herangehensweise von *stylometrics* und Textkategorisierung. Dabei kommen sie zu dem Ergebnis:

The problem of automatically determining the gender of a document's author would appear to be a more subtle problem than those of categorization by topic or authorship attribution. Nevertheless, it is shown that automated text categorization techniques can exploit combinations of simple lexical and syntactic features to infer the gender of the author of an unseen formal written document with approximately 80% accuracy. The same techniques can be used to determine if a document is fiction or non-fiction with approximately 98% accuracy. (Argamon, Koppel, Fine, & Shimoni, 2003)

Argamon, Koppel und Shimoni nutzen das *Gender Genie* Programm, um die These zu belegen, dass Männer und Frauen sowohl fiktive als auch nicht-fiktive Texte in unterschiedlichen sprachlichen Stilen verfassen. Hierzu nehmen sie weite Teile des *British National Corpus* (BNC), insgesamt 604 Dokumente, als Ausgangsbasis. Der BNC eignet sich insofern für diese Analyse, da er bereits nach

Genre eingeteilt ist und alle Wörter bereits nach ihren so genannten *parts-of-speech* Indikatoren markiert sind.

Begonnen wurde mit einer Reihe von festgelegten Dokumenten, die als Test- und Trainings-Parcours markiert wurden, um schrittweise die femininen oder maskulinen Indikatoren auszumachen und in das Programm zu integrieren. Anhand des programmierten Algorithmus wurde eine Liste von 50 Charakteristika ausgesucht, welche gemeinhin als männliche oder weibliche Indentifizierer erkannt wurden. Hierbei ergaben sich folgende maskuline Indikatoren:

- Determinanten (*a, the, that, these*);
- Quantifizierer (*one, two, more, some*);
- DTO = Aus dem BNC übernommener Determinant, der typischerweise als erstes Wort in einer Nominalphrase steht oder als deren Kopf fungiert.
- AT0 = Aus dem BNC übernommener Determinant, der typischerweise als erstes Wort in einer Nominalphrase steht aber nicht als deren Kopf fungieren kann.
- CRD = Kardinalzahlen

Stark weibliche Indikatoren sind laut Argamon, Koppel und Shimoni Pronomina wie *I, your, she, her, their, myself, yourself, herself*, also die Pronomina der ersten, zweiten und dritten Person des Singular. Die Autorin und Autoren halten fest, dass Frauen sowohl in fiktiven als auch in nicht-fiktiven Texten deutlich mehr Pronomina nutzen als Männer. Darüber hinaus verwenden Frauen bevorzugt die Pronomina, die eine Interaktion oder Verbindung zwischen Autorin und Leserin markieren.

Eines der hervorstechendsten Ergebnisse ist, dass man eine starke Korrelation zwischen männlichen/weiblichen Unterschieden und nicht-fiktiven/fiktiven Differenzen feststellen kann. Autorin und Autoren schließen daraus:

The strong correlation between male/female differences and nonfiction/fiction differences suggests that different writers involve themselves and the information they are presenting into the different social processes found in the culture. The distribution of the encodings of different meanings cuts across both gender and genre in clear ways

that requires more consideration of register issues. (Argamon et al., 2003)

Die Integration des Organons *Gender Genie* in einen pragmatischen Ansatz bietet sich an, da einerseits die (teilweise) in den Dialogen angegebenen Geschlechter von Mensch und Roboter (bzw. dem Chatbot-Programm) durch eine formale Analyse überprüft werden können. Ergeben sich Diskrepanzen, können diese als potenzielle Anhaltspunkte für eine Schwäche des Programms stehen und somit rückwirkend einen Ansatz für die Optimierung der künstlichen Sprachgenerierung (bzw. Textgenerierung) bilden.

Das Zipf'sche Gesetz

George Kingsley Zipf (1965, 1968) definiert ein Sprachmodell auf statistischer Grundlage. Das so genannte Zipf'sche Gesetz (*the principle of the least effort*) ist auf das Ziel des Autors zurück zu führen, eine grundlegende Theorie bezüglich menschlicher Ökologien zu erstellen, die jegliche Aspekte menschlicher Existenz von Geographie, Biologie, Politik bis hin zur Linguistik umfasst. Für die Linguistik beinhaltet das Zipf'sche Gesetz: "the higher the discourse frequency of a linguistic item, the shorter it will be" (Pustet, 2004).

Diese (stark verkürzte) Formel bietet einen Ansatz für die statistische Textanalyse. So kann unter anderem überprüft werden, ob grundlegende Abweichungen bezüglich der Wortlängen zwischen Programm und Mensch festzustellen sind. Ferner ist grundsätzlich zu untersuchen, ob insbesondere die Diskurseinheiten des Programms dieser Formel Rechnung tragen oder ob beispielsweise durch das Medium Computer eine gänzlich andere Sprachökologie vorzufinden ist.

6 Wer spricht?

Mark C. Baker geht in "The Atoms of Language" (2002) davon aus, dass unterschiedliche Sprachen wie beispielsweise Englisch und Tagalog sich u. a. durch Parameter unterscheiden:

Some believe that all languages are alike, and thus they attach no significance to linguistic diversity. Others believe that languages are incomparably different and thus their speakers are incapable of truly understanding each other. In contrast to both these views, the parametric theory of language leads to the conclusion that languages are different but commensurable. Their sentences are dissimilar, but their underlying principles are the same. Language differences therefore do not represent radically different worldviews or adaptations to different environments, but neither are they trivial or inconsequential. (Baker, 2002, Vorwort)

Bei der Sprache der Automaten wiederum – oder der Kommunikation zwischen Mensch und Automat – wird weitgehend davon ausgegangen, dass die jeweiligen Kommunikationsmittel grundlegend verschieden sind und daher nicht komparabel. Hier stehen die Paradigmen der Arbitrarität und Kreativität von Sprache konfrontativ zum Binärsystem-Paradigma, welches eine Grundlage der Automaten-sprachen darstellt. Weitere Dichotomien wären sicherlich natürliche versus formale/synthetische Sprachen, die Donald Knuth als überwindbar betrachtet und vor allem die Überwindung als kategorisches Postulat an alle Programmiererinnen und Mathematikerinnen formuliert.

Welche Stimmen oder Sprecherinnen verbergen sich jedoch in einem Automaten? Und welche Stimmen oder Sprecherinnen können sich überhaupt in einem Automaten oder Roboter verbergen? In Kapitel 4 wurde diskutiert, wie das triadische Zeichenkonzept von Peirce auf ein dyadisches Konzept des algorithmischen Zeichens (Nake, 2001; P. B. Andersen, 2003b; Brödner, 2003) abstrahiert werden kann und auf dieser Basis von einem Wechselspiel zwischen triadischen (natürlichsprachlichen) und algorithmischen Zeichen ausgegangen werden kann. Doch

ist die oben stehende Frage auch aus einer erweiterten Perspektive zu diskutieren. Hierzu sollen die unterschiedlichen potenziellen Sprecherinnen (vgl. auch Krämer & König, 2002) hervorgehoben und deren Einflüsse auf den Dialog zwischen Mensch und Roboter analysiert werden.

Bisherige Ansätze aus der Computerlinguistik befassen sich mit der Frage, wie man am effizientesten Sprachkompetenz und Performanz an einem Automaten simulieren könnte (Jurafsky & Martin, 2000; Jurafsky, 2004; Carstensen et al., 2004; Amtrup, 2003). Dies geschieht allerdings mit unterschiedlichen mittelbaren Zielen: Zum einen zur Ökonomisierung und Automatisierung unterschiedlicher Abläufe, Prozesse oder Dienstleistungen. Zum anderen sieht die KI-Forschung künstliche Sprachkompetenz als einen Schritt in Richtung intelligenter Maschinen.

Von Interesse für die vorhergehende Fragestellung ist aus den Bereichen der Robotik und Informatik die soziale Robotik, da hier bereits die Interaktion Mensch-Maschine im Vordergrund steht und man unter anderem in einem *bottom-up* Ansatz (Brooks, 1986; Steels & Brooks, 1995; Steels, 1999) versucht, Maschinen, ausgestattet mit einer so genannten Basis-Intelligenz, besser in das soziale Umfeld der Menschen zu integrieren (Breazeal, 2003; Duffy, 2004; Dautenhahn et al., 2002; Dautenhahn, 2002b) und so eine Akzeptanzschwelle zu überwinden. Diesbezüglich lässt sich die Aussage Bakers ebenso für Ansätze aus der sozialen Robotik heranziehen:

Different languages offer us slightly different perspectives, which can be compared and correlated to our mutual enrichment. As such, language differences can be seen as being part and parcel of the abilities to understand and interact with the world that make us persons. (Baker, 2002, Vorwort)

Durch den Ansatz Bakers zeigt sich ein Anschluss an die Frage „Gibt es eine Sprache hinter dem Sprechen?“, mit welcher sich eine Reihe von Philosophinnen und Linguistinnen in dem Sammelband von Krämer und König (2002) beschäftigen. Schneider unterscheidet hier zwischen Sprechenkönnen und Sprachwissen und fordert: „Den Humunculus in unserem Innern sollten wir nach den Lektionen, die uns von Frege, Peirce und Wittgenstein erteilt wurden, nicht wiederzubeleben versuchen“, und führt weiter aus:

Für den Sprachphilosophen [...] gibt es keine >Sprache hinter dem Sprechen<. Daraus ergibt sich für mich eine Sicht, die auch der intentionalistischen Bedeutungstheorie, wie sie von Meggle vertreten wird (Meggle 1997), in einigen zentralen Punkten genau entgegengesetzt ist. Insbesondere werde ich hier dafür argumentieren, dass die Begriffe *wissen* und *intendieren* nicht geeignet sind, unsere Kommunikationsfähigkeit zu erklären. (Schneider, 2002, Seite 129)

Nach Schneider beruht somit das Sprechkönnen nicht auf Sprachwissen, was eine zweiseitige Schlussfolgerung für das Sprachverhalten von Robotern beinhaltet: Einerseits wird der Ansatz Steels im *Talking Heads* Experiment bestätigt, wonach Roboter (oder Agenten) durch gemeinsame Handlung und Interaktion eine eigene Kommunikationsform herausbilden können. Andererseits bietet diese These die notwendige Plattform für die Weiterentwicklung intelligenter Roboter und Automaten. Theoretisch muss es also möglich sein, Sprachkompetenz (das Sprechkönnen) in Roboter zu integrieren, ohne diese gleichfalls mit Wissen bezüglich Grammatik, Syntax oder Weltwissen (Semantik etc.) ausstatten zu müssen.

Für einen maschinistischen Ansatz eröffnet dies eine optimistische und vielversprechende Perspektive, die unter anderem bereits mit der Programmierung von Softbots und Chatbots eng verbunden ist.

Rückbezüglich auf die Frage nach den Sprecherinnen und Stimmen, die sich hinter einem Automaten oder Roboter befinden können, soll nochmals der Ansatz der BDI-Architekturen (siehe Kapitel 1) aufgegriffen werden. Die Integration der Konzepte ‚Vorstellung‘, ‚Wunsch‘ und ‚Intention‘ (*belief, desire, intention*) in eine formale Programmstruktur bildet einen weit verbreiteten Ansatz in Informatik sowie Robotik:

In this terminology, an agent can be identified as having: a set of beliefs about its environment and about itself; a set of desires which are computational states which it wants to maintain, and a set of intentions which are computational states which the agent is trying to achieve. (Duffy, 2000, Seite 90)

Duffy kritisiert diesen Ansatz dahingehend, dass durch ausschließliche Konzeptualisierung des individuellen Verhaltens die soziale Kompetenz des Roboters ausser Acht gelassen wird, sich in Multiagenten-Systemen bewegen und mit die-

sen kooperieren zu können. Dieser Aspekt ist von Bedeutung, da soziale „Veranlagung“ und Verhaltensstruktur in Gemeinschaften rückwirkend die individuellen kognitiven Prozesse und Zustände (*mental states*) beeinflussen und formen.

Damit kann festgehalten werden, dass die Programmiererinnen eine determinierende Rolle für die Sprache und/oder Stimme des Roboters einnehmen. Sie legen Struktur und potenzielle Inhalte der BDI-Architektur bezüglich des individuellen Charakters und dessen sozialer Kompetenzen fest und formen somit dessen Persönlichkeit. Abbildung 6.1 zeigt eine von Duffy aufgestellte hierarchische Struktur, die als dynamische Basis für die Entwicklung von Roboter-Vorstellungen (*beliefs*) fungieren kann. Diese Struktur ist zudem offen für Erweiterungen: „These can be easily extended to include any features relevant to either the robots, the application scenarios or the social features of the system“ (Duffy, 2000, Seite 121), was wiederum die besondere Rolle der Programmiererin unterstreicht. Damit ist eine mögliche Antwort auf die Frage nach den Sprecherinnen und Stimmen in einem Roboter gegeben, die unter anderem ab Abschnitt 6.3.2 durch eine sprachwissenschaftliche Analyse von Mensch-Roboter Dialogen bestätigt werden kann.

6.1 PC-Therapie

Ein Beispiel für die Integration von Sprachkompetenz ohne entsprechendes Sprachwissen sind die so genannten PC-Therapie-Programme. Dabei handelt es sich in der Regel um textbasierte Programme, die in der Psychotherapie und Psychologie eingesetzt werden. Der Einsatz des Computers in diesen Bereichen unterteilt sich, wie auch in anderen Gebieten, in zwei Felder: Der Computer als Werkzeug für die (menschliche) Therapeutin und der Computer als potenzieller Ersatz der Therapeutin. Letzteres Feld wird durch rein pragmatische Gegebenheiten gerechtfertigt, zum Beispiel aus lokalen Bedingungen heraus (für Klientinnen in entlegenen Gebieten) oder aus ökonomischen Gründen. Die beiden Einsatzmöglichkeiten können in *level-two therapy* (Computer als Werkzeug) und *level-one therapy* (Computer als Therapeutinnenersatz) aufgeteilt werden (Howell, 2000).

Personal Beliefs

- Name
- Stereotype
- Status
 - Idle
 - Busy
 - Waiting
 - Out of order

Physical Order

- Office Environment
 - Number of rooms
 - Location of rooms
 - Size of rooms / free space / complexity
- RoboSoccer Environment
 - Dimensions / orientation / feature recognition characteristics

Social Beliefs

- Nomad Scout
 - Looker
 - Worker
 - etc.
- RWI Pioneer
- etc.

Characters of robots in social environment

- Robot A
 - Stereotype
 - Learned attributes
- etc.

Abb. 6.1: Beliefs-Hierarchie nach Duffy (2000)

Die *level-one therapy* ruft in einem Gebiet, das unter anderem stark durch moralische und ethische Fragestellungen geprägt wird, kontroverse Einstellungen hervor. Weizenbaum, der mit ELIZA das erste Programm dieser Art entwickelte, sah es als moralisch nicht vertretbar an, den Menschen durch einen Computer (Computerprogramm) zu ersetzen wenn es sich um zwischenmenschliche Attribute wie Respekt, Verständnis und Liebe handelte.

Die Gewichtigkeit des Computerprogramms als Werkzeug der *level-two therapy* in der Psychotherapie hat dagegen Colby bereits 1964 erkannt:

It seems to me that conventional research methods for studying the problem of social influence, whether in psychotherapeutic or other contexts, are beginning to bog down. Methods and models have failed to come to grips with the chief complaint of investigators in the behavioral sciences, namely an inability to deal with elusive symbolic complexity. [...] If we view a person as a large, complex, idiosyncratic,

subtle, sensitive, dynamic, evolutionary, holistic, versatile symbol-processing system, why not use a system with similar properties such as a computer to represent him in these respects. (Colby, 1964, Seite 227)

In der heutigen Psychotherapie steht die *level-one therapy* vor keinen unüberwindbaren moralischen Hindernissen, sofern die Klientin sich dessen bewusst ist, dass es sich lediglich um ein Computerprogramm handelt. Tatsächlich wird der Einsatz von Computerprogrammen auch mit der Bibliothherapie verglichen, in welcher die Klientin (unter anderem) durch das Medium Text behandelt wird. Doch besteht in der Bibliothherapie die Gefahr, dass die Klientin sich beispielsweise mit einem biographischen Text identifiziert und durch das Lesen und die Reflektion für sich einen therapeutischen Effekt erzielt, im Anschluss jedoch erfährt, dass es sich um einen rein fiktiven Text handelte.

Vorreiterinnen, erste Programme

Die Ära der computerbasierten Konversationssysteme begann 1966 mit Joseph Weizenbaums Computerprogramm ELIZA, welches heute noch als Meilenstein Künstlicher Intelligenz gilt und damals vor allem als ernst zu nehmendes Programm diskutiert wurde, das den so genannten „Turing-Test“ bestehen kann. Das textbasierte Programm imitiert eine Therapeutin nach Rogers (klientinnen-zentrierter Ansatz) und wiederholt u. a. die Worte der Therapie-Nutzerinnen in Form von Fragen. Weizenbaum entwickelte ELIZA am MIT, wobei sich der Name auf den Protagonisten aus George Bernard Shaws Stück „Pygmalion“ bezieht.

Der Psychologiestudent Joseph Weintraub adaptierte Weizenbaums ELIZA und nahm 1991 mit PC-Therapist III erfolgreich am Loebner-Preis-Wettbewerb teil, welcher das Programm auszeichnet, das den Turing-Test bestehen kann. Anders als Weizenbaum, der durch ELIZA den gegenwärtigen Stand der Möglichkeiten von Computern und Programmen zeigen wollte, geht ein weiterer Entwickler, Kenneth Colby, vom therapeutischen Wert der PC-Therapie Programme aus. Hierzu entwickelte er SHRINK (1966) und später DEPRESSION (1992). Beide Programme nutzen den Ansatz des rekursiven Erzählens, intendieren also wie ELIZA die Klientin durch rekursive Dialoge dazu zu bringen, in einen Dialog einzutreten (bzw. ihre Probleme zu schildern). Das Computerprogramm

PARRY (ebenfalls von Colby) dagegen stellt insofern einen weiteren Schritt im Bereich der maschinellen Konversationsysteme dar, als Colby durch einen Rollenwechsel das Programm von einer passiven Zuhörerin in eine paranoide Klientin wandelt. Das Programm wurde aufgrund seines Erfolgs auch für die Ausbildung von Psychologinnen übernommen. Sein Fortschritt gegenüber ELIZA liegt unter anderem darin, dass es nicht nur das Gesagte reflektieren konnte sondern auch selbst etwas beizutragen hatte, also die Initiative ergreifen konnte. PARRY wurde unter anderem mit grundlegenden Einstellungen (*beliefs*) programmiert, wie a) ich bin dumm; b) ich bin verrückt; c) ich bin unehrlich; d) ich bin wertlos und konnte so autonom bestimmte Gefühle simulieren, wie Angst, Aggression oder Beschämung. Zur Verdeutlichung von PARRYs Dialogkompetenz wird an dieser Stelle ein Auszug aus einem Transkript eines Interviews zwischen PARRY und einer Psychiaterin wiedergegeben (zitiert in Hutchens, 1997):

```

01 - HUMAN: Good afternoon. My name is Doctor Jones.
02 - PARRY: Pleased to meet you.
03 - HUMAN: How are you?
04 - PARRY: All right I guess.
05 - HUMAN: Could you tell me your name?
06 - PARRY: Pat Smith.
07 - HUMAN: How old are you?
08 - PARRY: 28.
09 - HUMAN: I thought you might have some problems.
10 - PARRY: I've been upset lately.
11 - HUMAN: By what?
12 - PARRY: People get on my nerves sometimes.
13 - HUMAN: Tell me more.
14 - PARRY: Do you know anything about bookies?
15 - HUMAN: No. What about bookies?
16 - PARRY: A bookie didn't pay me off once.
17 - HUMAN: When did this happen?
18 - PARRY: A couple of months ago.

```

An diesem Auszug ist ersichtlich, dass anhand der spezifischen Algorithmen das Computerprogramm in der Lage zu sein scheint, auf reguläre Fragen antworten zu können (Zeilen 2-10), die von einer Psychiaterin zu erwarten sind. Hinzu kommt die Fähigkeit, selbstständig Themen aufzubringen (Zeilen 10-18).

Wie oben bereits angedeutet, geht Colby auch in späteren Veröffentlichungen davon aus, dass Computermodelle (algorithmische Modelle) der angeblichen Vereinfachung von herkömmlichen Modellen und Methodologien aus den *behav-*

ioral sciences entgegen wirken und damit ein wichtiges Hilfsmittel in der Psychotherapie darstellen:

An algorithmic model's explanatory power is related more to its generative power than to its predictive power. Such an explanation unifies observable input/output patterns by hypothesizing an internal structure of effective computational patterns connecting themselves and the input/output patterns into a comprehensive and organized whole. [...] Thus we can understand an entity not just through a list of its local properties but by identifying it as a specific part of an organized whole, consisting of patterned relations and structures. (Colby, 1981a, Seite 516)

In Bezug auf Colbys Ansatz sollen nicht die Details des Computerprogramms erläutert werden, sondern die von den Programmentwicklerinnen festgestellten linguistischen Paradigmen. Für die Entwicklung von PARRY 2 und 3 wurden folgende Hauptparameter natürlicher Sprache in Bezug auf Dialoge festgelegt:

- Natürlichsprachliche Dialoge bestehen nicht aus so genannten KI-Sätzen, welche aus kurzen Frequenzen hochgradiger Ambiguität bestehen (z. B. *time flies like an arrow*).
- Natürlichsprachliche Dialoge sind zielgerichtete, zweckmäßige Dialoge basierend auf Kooperation. Die Dialoge sind hauptsächlich klar, eindeutig und von referenzieller Kontinuität.
- Die Hauptprobleme liegen in ungrammatischen Sätzen, fragmentarischen Ellipsen, Idiomen, anaphorischen Referenzen, Metareferenzen und Flüchtigkeitsfehlern (sofern es sich um textbasierte Programme handelt).
- Auch wenn Dialoge zwischen Therapeutin und an Paranoia leidenden Menschen oft inkohärent und unlogisch erscheinen, folgen sie doch nachweislich einem bestimmten Grundmuster. Das heißt, dass willkürliche Dialoge nicht überzeugend wirken.

Diese Auflistung von Parametern deckt sich weitgehend mit den in der KI-Forschung und Computerlinguistik grundlegenden Problemfällen bzw. Herausforderungen in der Entwicklung synthetischer Dialogkompetenz. In diesem Sinne ist Carbonells Kritik am KI-Ansatz PARRYs zu nennen: "Does the simulation

system have generative power? That is, does it produce appropriate behavior directly responsive to the input over a much wider range of situations than the input set considered by the system designer?" (Carbonell, 1981, Seite 536). Damit kommt der Aspekt des Einflusses oder der Rolle der System-Designerin bzw. Programmiererin zum Tragen.

Im Gegenzug zur Diskussion des maschinistischen Ansatzes in der Mensch-Roboter Interaktion sollen an dieser Stelle zwei pragmatische Ansätze vorgestellt werden, die sprachwissenschaftlich motiviert sind. Beide Ansätze beziehen sich dabei auf die grundlegende Ausgangsfrage nach der eigentlichen Sprecherin, die im Roboter oder Automaten zu suchen ist, und bilden einen praktischen Anwendungshorizont im automatenphilologischen Ansatz.

Die auf dem Konzept von Weizenbaum basierenden PC-Therapie-Programme nehmen dabei eine interessante Sonderstellung ein. Diese Programme (oder Therapie-Roboter) integrieren nur ein Minimum an „eigenständigem“ aktivem Wortschatz und fokussieren auf die Imitation oder sogar Replikation der linguistischen Spezifika der jeweiligen Nutzerin neben einem gezielten Ungleichgewicht der Dialogstrukturen.

Folgender kurzer Auszug aus einem exemplarischen Dialog (zitiert in Hutchens, 1997) zwischen dem Skript von ELIZA und einer jungen Frau unterstreicht die inhärente Dialogstruktur des Programms.

HUMAN: Men are all alike.
ELIZA: In what way
HUMAN: They're always bugging us about something other.
ELIZA: Can you think of a specific example
HUMAN: Well, my boyfriend made me come here.
ELIZA: Your boyfriend made you come here
HUMAN: He says I'm depressed much of the time.
ELIZA: I am sorry to hear you are depressed
HUMAN: It's true. I am unhappy.
ELIZA: Do you think coming here will help you not to be unhappy
HUMAN: I need some help, that much seems certain.
ELIZA: What would it mean to you if you got some help
HUMAN: Perhaps I could get along with my mother.
ELIZA: Tell me more about your family
HUMAN: My mother takes care of me.
ELIZA: Who else in your family takes care of you
HUMAN: My father.
ELIZA: Your father
HUMAN: You are like my father in some ways.
ELIZA: What resemblance do you see

6 Wer spricht?

Dieser Auszug zeigt die zwei Hauptstrategien der Dialogstruktur von ELIZA: Das Programm fordert entweder die Patientin dazu auf, mehr zu erzählen und so den Dialogfluss aufrecht zu erhalten, oder es wiederholt das von der Patientin Gesagte.

Ein Meilenstein in der Weiterentwicklung intelligenter Konversationssysteme ist das von Terry Winograd entwickelte Programm SHRDLU. Dieses Programm simuliert einen Roboter, der in einer restringierten Welt (inter-)agiert. Die spezifische Welt besteht aus Bauklötzen unterschiedlicher Formen und Farben. Winograd entwickelte SHRDLU exemplarisch für ein Sprachsystem, das natürliche Sprache verarbeiten kann. Dabei geht er von den zwei grundlegenden Ansätzen aus, dass erstens ein Computer Spracheingaben nicht kohärent und logisch verarbeiten kann, so lange dieser nicht das Thema des entsprechenden Dialogs versteht. Zweitens muss die Modellierung von Sprachverarbeitung und Sprachverstehen alle Aspekte von Sprache integrieren (Winograd, 1972). Um diesen Ansprüchen zu genügen wurde SHRDLU mit entsprechendem Wissen über seine Umwelt und sich selbst ausgestattet, parallel zu einem Parser, einer *recognition grammar*, Semantikanalyse und Problemlösungs-Modulen. Ein Beispieldialog zwischen SHRDLU und einer Nutzerin lautet wie folgt (zitiert in Hutchens, 1997):

```
HUMAN: pick up a red block
SHRDLU: OK.
HUMAN: find a block which is taller than the one you are holding
           and put it in the box
SHRDLU: OK.
HUMAN: what does the box contain?
SHRDLU: The blue pyramid and the blue block.
HUMAN: what is the pyramid supported by?
SHRDLU: The box.
HUMAN: how many blocks are not in the box?
SHRDLU: Four of them.
HUMAN: is at least one of them narrower than the one which I told
           you to pick up?
SHRDLU: Yes, the red cube.
```

Obwohl der erste Empfänger des Loebner-Preises (siehe Punkt 6.3.1) ein PC-Therapie-Programm war, kann man heute (unter anderem durch den Einfluss des Loebner-Preises) ein Feld vorfinden, in welchem man unter computerbasier-

ten Konversationssystemen nicht primär therapeutische Programme vorfindet, sondern so genannte Chatbots, die zur Unterhaltung dienen und primär auf die Simulierung einer menschlichen Konversationspartnerin ausgerichtet sind.

6.2 Das *Uncanny Language Valley*

Der erste pragmatische Ansatz, der auf sprachwissenschaftlichen Ansätzen beruht, wurde bereits in Kooperation seitens der Autorin mit Forscherinnen des *European MIT Media Lab* in Dublin, des *University College* in Dublin in einem Experimentaufbau integriert. Das Experiment ist im weiteren Sinne dem Bereich der soziablen Robotik zuzuordnen, wobei die Ausgangsthese den sprachwissenschaftlichen Ansatz determiniert. Es handelt sich um die Frage nach der sprachlichen Kompetenz, welche Nutzerinnen unbewusst von soziablen Robotern erwarten, bzw. um die Frage welche Sprache oder welche Modalität des Dialogs die Nutzerin bei einem soziablen Roboter prognostiziert. Auf die Golem-Sage aus der jüdischen Mythologie bezogen, könnte man fragen, welche Symbole eine Nutzerin (unbewusst) auf die Stirn des Golems schreibt, um diesen so zum Leben zu erwecken bzw. um so mit diesem in einen Dialog treten zu können.

6.2.1 Theoretische Fundierung des Experiments

Ein Ausgangspunkt für das Experiment bildet die *uncanny valley*-Theorie von Masahiro Mori (siehe Kapitel 2), wobei die Kurve, die den *uncanny valley*-Effekt darstellt, an die Parameter unterschiedlicher Sprachräume angepasst wurde. Dabei wird angenommen, dass ähnliche Akzeptanzresultate bezüglich des soziablen Roboters mit der Integration unterschiedlicher Sprachkompetenzen und -ökologien erzielt werden (siehe Abbildung 6.2 und 6.3). Dies bedeutet, dass die linguistische Kompetenz eines soziablen Roboters direkten Einfluss auf die Interaktion als Gesamtkonzept (inklusive der Mensch-Roboter Kommunikation) zwischen Mensch und Roboter hat.

Abbildung 6.2 zeigt den *uncanny valley*-Effekt nach Mori (vgl. Reichardt, 1978; Bryant, 2003). Die Y-Achse definiert den Grad der Vertrautheit, welchen die Nutzerin im Umgang mit dem Roboter empfindet und die X-Achse zeigt den Anthropomorphismusgrad an. Als unterschiedliche Kategorien werden industrielle Ro-

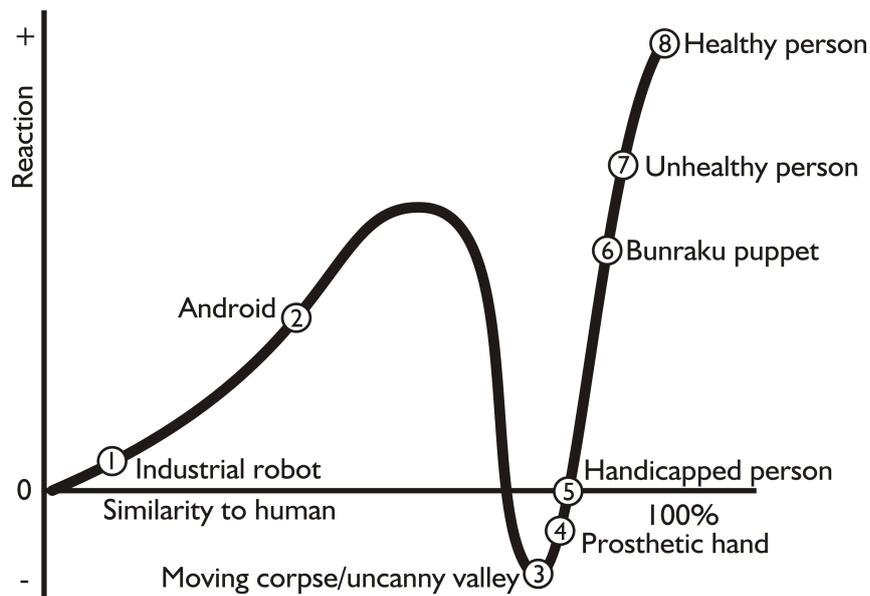


Abb. 6.2: *Uncanny valley*-Effekt frei nach Mori

boter, Androiden, bewegliche Mumien, Handprothesen, Menschen mit Behinderung, Bunraku-Puppen (japanische Handpuppen), ‚ungesunde‘ Menschen und ‚gesunde‘ Menschen aufgeführt. Obwohl die Wahl der Kategorien diskutabel ist, bleibt an dieser Stelle das Argument von Mori interessant, welches besagt, dass die Tendenz, das Roboter-Erscheinungsbild dem des Menschen anzupassen, damit ersterer kompetenter menschliche Aufgaben erfüllen kann, nicht sinnvoll ist. Diese einfache Ursache-Wirkung-Analogie könnte sich in bestimmten Bereichen oder ab einem bestimmten Grad an Anthropomorphismus als kontraproduktiv erweisen, was der negative Bereich in der Kurve anzeigt:

He gives the example of spectacles, of which the design makes it obvious that here is a man-made addition to a face (often capable of making it more attractive), and suggests that instead of a pathetic-looking humanoid artificial hand, there should be a smart, obviously false hand, one that would be soft and gentle with beautifully shaped curves. (Reichardt, 1978, Seite 27)

Um Moris Hypothese von einer sprachwissenschaftlichen Perspektive aus zu diskutieren, werden drei Hauptparameter als für die soziale Interaktion konstituierend festgelegt: Sprache, das lexikalische Repertoire und die Stimmqualität. Zusätzlich wird argumentiert, dass die Polysemie des Roboterbegriffs sich unter

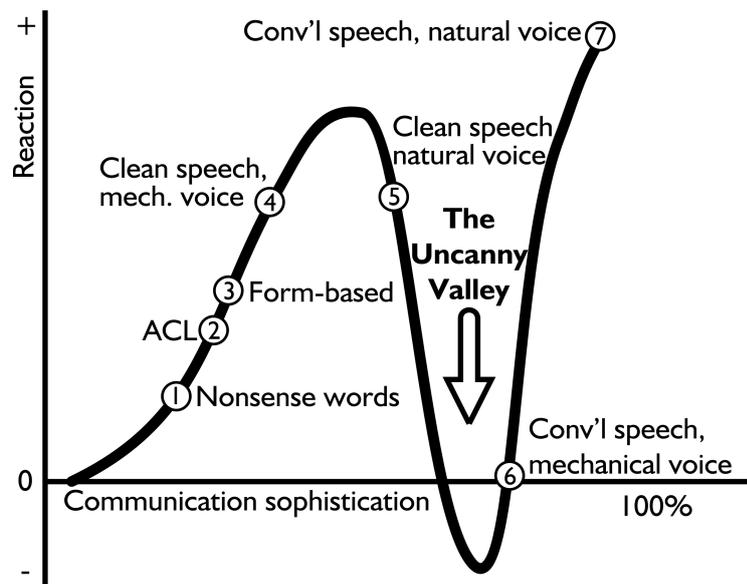


Abb. 6.3: Hypothetischer *uncanny language valley*-Effekt (nach Duffy)

anderem durch die Verbreitung desselben in Beruf und Privatleben (B. Adams et al., 2000; Breazeal, 2002; Dautenhahn et al., 2002; Duffy, 2000) konstituiert und damit eine Vielzahl an unterschiedlichen Konzepten, was Kompetenz und Erscheinungsbild eines Roboters angeht, vorhanden ist. Die Diversität der Konzepte ist dabei kein rezentes Phänomen (Reichardt, 1978), doch wurde dieses mit der Science-Fiction-Literatur sowie dem Medium Film noch gesteigert. Ein weiteres Argument bezieht sich auf soziolinguistische und diskurstheoretische Ansätze, welche Dialogerwartungen bzw. Sprachkompetenzen mit dem Äußeren der Interaktionspartnerin in Verbindung bringen. Hier finden sich Theorien aus der linguistischen Geschlechterforschung oder Kritischen Diskurstheorie. Abbildung 6.3 zeigt eine Adaption der Kurve von Mori in Hinblick auf die linguistischen Parameter des Roboters.

6.2.2 Versuchsaufbau

Die Versuchsreihe besteht aus einer aufgabenorientierten Interaktion zwischen Mensch und Roboter, wobei der Roboter über relevantes Wissen verfügt, das für die erfolgreiche Lösung der Aufgabe benötigt wird. Die Aufgabe besteht darin, sich durch ein Labyrinth bis zu einem bestimmten Ziel zu bewegen. Dabei kön-

nen die Versuchspersonen (VPs) lediglich ihren momentanen Standort im Labyrinth auf dem Bildschirm sehen. Das gesamte Labyrinth sowie der Zielort sind für sie nicht sichtbar, da dies die Information ist, über die nur der Roboter verfügt. Demnach müssen die VPs dem Roboter die gewünschten Bewegungen im Labyrinth mitteilen, worauf der Roboter zu verstehen gibt, ob dieser Schritt möglich ist oder nicht.

Die Aufgabe muss von den VPs in unterschiedlichen Sprachformen gelöst werden. Die Sprachformen umfassen:

- (a) ‚Phonotaktisch legale‘ Äußerungen: Hierbei handelt es sich nicht um Lexeme, sondern um Wörter, die keine Bedeutung tragen aber phonotaktisch zulässig sind wie (im Englischen) *boag, desp, glon*.
- (b) ACL (*agent communication language*): ACLs sind in der Regel formalisierte Befehle wie “go left” oder “request command”. Diese werden in der Interagenten-Kommunikation angewandt und dienen der Koordination einer gemeinsamen Aufgabenbewältigung.
- (c) Natürlichsprachliche Äußerungen mit restringierter Grammatik und Wortschatz: Hier wird zusätzlich das Stimmqualitätsparameter integriert, indem in einer Form eine synthetische Stimme angewandt wird und in einer zweiten Form eine menschliche/natürliche Stimme.
- (d) Natürlichsprachliche Konversation: Hier werden ebenso wie unter (c) zwei Formen bezüglich der Stimmqualität erzeugt.

Der Roboter verfügt nur teilweise über ein anthropomorphes Äußeres, Haare werden z.B. durch eine blaue Perücke angedeutet und die Augen bestehen aus zwei Internet-Kameras. Ferner ist der Roboter nicht mobil und deutlich kleiner als ein Durchschnittsmensch (ca. 1,40 Meter). Er wurde im *European MIT Media Lab* von Brian Duffy entwickelt und gebaut und dient als Versuchsobjekt für eine Reihe von Experimenten auf dem Gebiet der soziablen Robotik.

Die gesamte Versuchsreihe basiert auf einem “Wizard-of-Oz” Szenario. Das heißt, dass insbesondere für die Sprachformen (c) und (d) keine zusätzlichen Ressourcen für Entwicklung und Implementierung von Sprachsynthese und Spracherkennung aufgewendet werden, sondern dass die Sprachkompetenz des Ro-

boters von einem Menschen übernommen wird (dieser tritt dabei für die VPs nicht in Erscheinung).

Die Teilnehmerinnen sehen den Roboter vor sich auf dem Tisch neben einem Computermonitor sitzen. Der Monitor zeigt die Grundzüge ihrer Aufgabe an bzw. die momentane Position der VP in der Aufgabe (im Labyrinth). Vor jedem Versuchsdurchgang erhalten die VPs ein zehnmütiges Training in der entsprechenden Sprachform anhand eines bilingualen Wörterbuches (in der jeweiligen Roboter-Sprachform mit den englischen Übersetzungen) und einer Grammatik. Die formale Festlegung der VPs lässt Alter und Geschlecht offen und beschränkt sich auf Robotik- und Linguistiklaien, deren Fremdsprachenkenntnisse bzw. Erfahrungen im Fremdsprachenlernen von nicht vorhanden bis durchschnittlich (d. h. Fremdsprachen wurden in der Schule gelernt aber nicht studiert) rangieren. Im Anschluss an jeden Durchlauf wird ein Fragebogen (mit überwiegend qualitativen Fragen) zum Versuchsverlauf von den VPs ausgefüllt, dessen Fragen sich auf die Interaktion mit dem Roboter und auf emotionale wie subjektive Einschätzungen und Wahrnehmungen beziehen.

Das Beobachterinnenparadox wird weitgehend ausgeschlossen, indem die VPs lediglich mit dem Roboter interagieren und keine weitere Person im Raum vorhanden ist, die sie um Hilfe oder Rat bitten können. Kritisch anzumerken ist an dieser Stelle der Ort des Experiments, welche in einer ersten Phase das Media Lab war. Dieses war in Dublin weitgehend als Hightech-Forschungsstätte bekannt und so werden erste Erwartungen bereits vor dem Experimentdurchlauf geweckt. In einer späteren Phase ist eine Veränderung des Versuchsorts geplant, beispielsweise ist an öffentliche Tourismusplätze gedacht (wie das Besucherinnenzentrum der Guinness-Brauerei in Dublin, das in direkter Nähe zum Forschungszentrum liegt und eine kritische Menge potenzieller VPs verspricht).

6.2.3 Resultate

Erste Resultate des Experiments haben bereits interessante Ansätze und Tendenzen hervorgebracht. Aufgrund des englischen Sprachraums und der Tatsache, dass der Roboter keinen offiziellen Namen trug, wurde dem Roboter sowohl ein männliches als auch weibliches Geschlecht zugeschrieben. Die Geschlechtszuordnung wurde im Fragebogen aufgenommen, da sich aus diesen Ergebnissen

potenzielle weitere Experimente im Bereich der Geschlechterforschung bezüglich Mensch-Roboter Interaktionen anbieten. Darüber hinaus lassen sich aufgrund der Geschlechtszuordnung seitens der VPs kommunikative Strategien und entsprechende Dialog-Erwartungshaltungen ableiten.

Eine der wichtigsten Funktionen, die „Hilfe-Funktion“ wurde nicht von allen VPs angenommen. Diese ist unter anderem in dem Fall notwendig, wenn man in eine Sackgasse des Labyrinths gerät und aufgrund der restringierten Orientierungsmöglichkeiten vorübergehend keinen eigenen Ausweg finden kann. Beispielsweise wird oftmals die Notwendigkeit, einen Schritt rückwärts zu machen, nicht erkannt. Als Begründung für das Ignorieren der Hilfe-Funktion gab ein Teil der VPs an, dass diese zwar nicht übersehen, aber nicht impliziert wurde, dass der Roboter in einer komplizierten Situation wirklich kompetent genug sei, um zu helfen. Dieser Eindruck war unabhängig von der jeweiligen Sprachform.

Die erste Sprachform (phonotaktisch zulässige Äußerungen) war die für die VPs unbefriedigendste Dialogform. Dies resultierte unter anderem daraus, dass die Äußerungen hauptsächlich einsilbig waren, was oft zu Verständnisproblemen führte. Zu vermuten ist zudem, dass die vorherrschende negative Konnotation bezüglich einsilbiger Antworten zur aversiven Haltung gegenüber dieser Sprachform beiträgt. Insbesondere in kritischen Situationen (beispielsweise in einer Sackgassenposition) erscheint eine einsilbige Hilfestellung des Roboters subjektiv weniger hilfreich als eine Hilfestellung in ganzen Sätzen oder zumindest anhand mehrerer Wörter.

Darüber hinaus wurde bei der Hälfte der Teilnehmerinnen die Frustrationsgrenze in jeglicher Sprachform schnell erreicht. Der Grund hierfür war ein Überforderungsgefühl gegenüber der Aufgabe. Im Gegensatz hierzu konnte bei einer VP ein Überlegenheitsgefühl gegenüber dem Roboter festgestellt werden. Eine paritätische Kooperationseinstellung war demnach nicht vorhanden, da die begrenzte Interaktions- und Aktionskompetenz des Roboters schnell erkannt und taktisch genutzt wurde.

Eines der Hauptergebnisse, welches die Weiterführung des Experiments rechtfertigt, bezieht sich auf die Erwartungshaltung, welche die VPs dem Roboter entgegen brachten. Diese war bezüglich der natürlichsprachlichen Kompetenz des Roboters gering, tatsächlich gingen die Teilnehmerinnen instinktiv davon aus, ihr Sprachverhalten und ihre Sprache an den Roboter anpassen zu müssen.

6.2.4 Zusammenfassung

Die niedrige Erwartungshaltung seitens der Teilnehmerinnen bezüglich der natürlichsprachlichen Kompetenz ist bemerkenswert. Weitere Versuche mit mehreren Robotern, die unterschiedliche Grade an Anthropomorphismus aufweisen, wären sinnvoll und interessant. Es ist jedoch nicht automatisch anzunehmen, dass mit einer Steigerung der physischen Vermenschlichung auch linear die Erwartungshaltung bezüglich der natürlichsprachlichen Kompetenz steigt. Erfahrungen mit Studierenden aus nicht-technischen Bereichen zeigen, dass gegenüber einfachen Lego Mindstorms Robotern¹ eine sehr hohe Erwartungshaltung an natürlichsprachlicher Kompetenz vorhanden ist, wenn die Roboter als Hilfsroboter konzipiert sind. Dies im Kontrast zum "uncanny language valley"-Roboter, der mit relevantem Wissen und daher autonomer Kompetenz ausgestattet ist.

6.3 Diskursanalyse

Der zweite pragmatische Ansatz bezüglich eines konstruktiven sprachwissenschaftlichen Beitrags zur Mensch-Roboter Interaktion basiert auf der Anwendung konkreter linguistischer Methodologien. Während der erste Ansatz gezeigt hat, wie linguistische Theorien und Paradigmen zu einer konzeptionellen Herangehensweise an neue Strategien in der Mensch-Roboter Interaktion beitragen können, werden hier primär die Werkzeuge von Linguistinnen für eine kritische Ist-Standanalyse zum Tragen kommen.

Eine oft zitierte Einstellung gegenüber der KI-Forschung beinhaltet, dass nach den optimistischen Anfängen der 1960er Jahre diese nach einer evaluativen Fortschrittsanalyse den viel versprechenden Erwartungen heute nicht gerecht werden kann:

Three decades have passed since ELIZA was created. Computers have become significantly more powerful, while storage space and memory size have increased exponentially. The field of Artificial Intelligence has blossomed, and researchers are working on problems such as image and speech recognition. Given this, we may very well wonder why no computer program has yet passed the Turing test.

¹Bei Lego Mindstorms Robotern handelt es sich um Baukastensysteme für das Bauen von Robotern aus den so genannten Lego-Bausteinen.

At least as far as the entrants of the Loebner contest go, the complexity and capability of such systems have remained exactly where they were thirty years ago. (Hutchens, 1997)

Im Folgenden werden ausgewählte Transkripte aus dem Korpus des “Loebner contest” auf der Basis diskurstheoretischer Modelle analysiert. Die Sackgassen-Auffassung bezüglich der Entwicklung intelligenter Systeme aus der KI-Forschung muss (a) auf ihre Valenz hin überprüft werden und (b) es sind weiterführende Überlegungen aus dieser Überprüfung zu ziehen.

Sprachwissenschaftlich fundierte Modelle und Programme existieren bereits in großer Zahl, so dass viele unterschiedliche theoretische wie praktische Werkzeuge für eine Implementierung in die Entwicklung der Mensch-Roboter Interaktion vorhanden sind. Die beiden in dieser Arbeit vorgestellten pragmatischen Ansätze sind einerseits analytisch und andererseits konzeptionell motiviert. An dieser Stelle wird der analytische Ansatz vorgestellt, welcher Grundlage für induktive Erweiterungen und Modellierungen ist.

6.3.1 Turing-Test und Loebner-Preis

Alan Turing schlug in dem Artikel “Computing machinery and intelligence” (1950) einen methodologischen Ansatz vor, nach welchem die Frage nach einer möglichen Maschinenintelligenz beantwortet werden kann. Anstatt intelligentes Verhalten bei Maschinen zu simulieren und diesbezüglich Intelligenz auf der Basis formaler Algorithmen darzustellen, entwickelte Turing einen Test, durch welchen intelligentes Verhalten nachgewiesen werden kann. Dieser Ansatz beinhaltete ein Imitationsspiel, in welchem ein Mensch über einen Teleprompter entweder mit einem Computer oder einem anderen Menschen (beide in einem anderen Raum) kommuniziert. Das Computerprogramm ist dabei so ausgerichtet, dass es die Kommunikationsstruktur wie auch das Kommunikationsverhalten von Menschen imitiert. Wenn im Verlauf unrestringierter Konversation der Mensch nicht in der Lage ist, festzustellen, ob er sich mit einem Computer oder einem Menschen unterhält, kann der Computer als intelligent bezeichnet werden.

Turing’s reasoning was that, presuming that intelligence was only practically determinable behaviorally, then any agent that was indistinguishable in behavior from an intelligent agent was, for all intents

and purposes intelligent. It is presumably uncontroversial that humans are intelligent as evidenced by their conversational behavior. Thus, any agent that can be mistaken by virtue of its conversational behavior with a human must be intelligent. (Shieber, 1994)

Seither ist dieser Turing'sche Simulationstest als Turing-Test bekannt und wird von Philosophinnen, Kognitionswissenschaftlerinnen bis zu Informatikerinnen kritisch und kontrovers diskutiert. Fest steht, dass der Turing-Test einen neuen Ansatz darstellte:

[I]t provided a clean and novel test for intelligence that neatly sidestepped the vast philosophical quagmire of the mind-body problem. The philosophical claim translates elegantly into an operational definition of intelligence: Whatever *acts* sufficiently intelligent *is* intelligent. (French, 1990)

Turing selbst hat vorhergesagt, dass im Jahr 2000 Computer in der Lage sein werden, den Turing-Test zu bestehen, allerdings nicht vollkommen, sondern bei einer Identifikationsrate von nicht mehr als 70 Prozent im Rahmen einer fünfminütigen Konversation.

Der Loebner-Preis

Der Loebner-Preis gilt als formale Umsetzung des Turing-Tests in Form eines Wettbewerbs und ist ähnlich wie dieser stark umstritten. Im Jahr 1991 wurde der Wettbewerb von Hugh Loebner und dem *Cambridge Center for Behavioral Studies* zum ersten Mal eröffnet. Teilnehmerinnen sind eine bestimmte Anzahl an Computerprogrammen, eine ebenso große Anzahl an „Verbündeten“ (*human confederates*) und schließlich „Programmrichterinnen“ (*judges*). Diese treten in Dialoge mit den Programmen und Verbündeten und müssen jeden Dialog nach dessen natürlicher (menschlicher) Überzeugungskraft bewerten. Wenn schließlich der Mittelwert eines Programms den Mittelwert einer der Verbündeten (also einer menschlichen Dialogpartnerin) übersteigt, hat dieses Programm den Turing-Test bestanden und somit den Hauptgewinn des Loebner-Preises von 100.000 U.S. Dollar sowie einer Gold-Medaille gewonnen. Tatsächlich konnte bis heute noch kein Programm mit dem Hauptpreis ausgezeichnet werden. Daher wurden bisher lediglich die Programme mit den höchsten Mittelwerten mit einer Bronze-

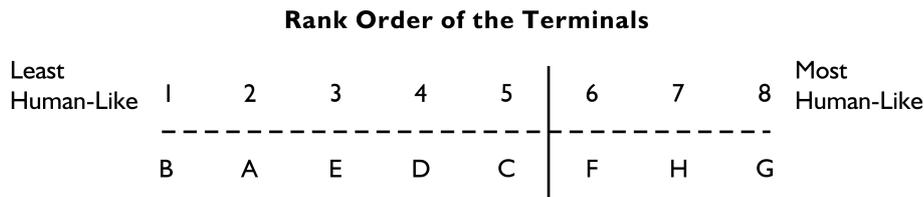


Abb. 6.4: Bewertungsmodell des Loebner-Preis-Wettbewerbs

Medaille und einem Geldpreis von 2.000 U.S. Dollar ausgezeichnet. An der Planung des Loebner-Preis-Wettbewerbs arbeitete ein Komitee hochrangiger Wissenschaftlerinnen aus unterschiedlichen Disziplinen und schränkte die Bedingungen, welche ein Programm erfüllen musste, anfangs drastisch ein. Anfang der 1990er Jahre war man davon überzeugt, dass nach den Vorgaben Turings der damalige Entwicklungsstand der Programme keinen auch nur annähernden Erfolg zulassen konnte. Die Einschränkungen beinhalteten unter anderem die strikte Restringierung der Themenbereiche² und das Festhalten an natürlicher Konversation. Richterinnen waren nicht autorisiert, den Programmen konversationelle Fallen zu stellen (*no trickery or guile*), sondern mussten sich strikt an die Richtwerte einer natürlichen, formellen Unterhaltung halten (Shieber, 1994).

Abbildung 6.4 zeigt ein Bewertungsbogen-Modell des ersten Wettbewerbs (in Shieber, 1994). Die Richterinnen müssen die Buchstaben unter die entsprechenden Terminal-Nummern nach ihrer natürlichen Überzeugungskraft eintragen. Die senkrechte Linie zeigt die Grenze, welche nach Ansicht der Richterinnen die Computerprogramme von den Verbündeten trennt. In diesem Beispiel wurden die letzten drei Terminals mit den entsprechenden Buchstaben F, H und G als menschlich bewertet.

Durch die starken Einschränkungen und Richtlinien der Konversationsmodalitäten im ersten Loebner-Preis-Wettbewerb wurde der Dialog mit dem Programm PARRY von Kenneth Colby zweimal als Mensch-zu-Mensch Dialog eingestuft, wohingegen eine der Verbündeten, Shakespeare-Expertin Cynthia Clay, mehrmals als Computerprogramm bewertet wurde mit der Begründung, dass kein Mensch über ein so umfassendes Wissen über Shakespeare verfügen könne.

²Restringierte und nicht-restringierte Spracherkennungs- sowie -synthesysteme bilden auch heute noch eine Sollbruchgrenze in Informatik und Computerlinguistik.

Die übrigen Programme jedoch zeigten zu klare Parallelen zu den Dialogstrategien von ELIZA, wie folgendes Beispiel aus den Transkripten des *Cambridge Center for Behavioral Studies* von 1991 belegt (in Shieber, 1994):

JUDGE: It has been a long day! Now I think I'm ready for some fun . The weather isn't very pleasant today. Do you have any jokes that could lift the clouds?

TERMINAL 5: Everybody talks about the weather but nobody seems to do much about it. Why do you need to tell me now you think you're ready for some fun? Groannnnnn.....

Das Beispiel zeigt, dass sich die erste Aussage des TERMINAL 5 auf den dritten und vierten Satz im Eintrag des JUDGE bezieht und durch die Schlüsselwörter "weather" und "clouds" motiviert wurde. Schließlich ist der zweite Antwortsatz des Programms unkohärent angefügt und bezieht sich auf das Schlüsselwort "fun", wobei das Personalpronomen als strukturierendes Merkmal genutzt wird und transponiert in eine Gegenfrage eingebettet wird "Why do you need to tell me". Dadurch wird nicht auf die Aufforderung oder Bitte im vierten Satz der Richterin eingegangen, sondern lediglich Bezug genommen auf den zweiten Satz "I'm ready for some fun". Die an ELIZA angelehnten Strategien beziehen sich damit auf die Umkehrung der Pronomina und die Integration von Interrogativsätzen.

1995 wurden die Richtlinien des Loebner-Preis Wettbewerbs dahingehend geändert, dass von nun an unrestringierte Themenbereiche zugelassen wurden. Zusätzlich wurden Nonsense-Einträge seitens der Richterinnen erlaubt, die selbst im Gegensatz zu den vorherigen Wettbewerben als Expertinnen aus der Computerindustrie berufen wurden. Als Konsequenz daraus schnitten die Computerprogramme 1995 weitaus schlechter ab als in den Jahren zuvor.

Wissenschaftliche Legitimation des Wettbewerbs

Die wissenschaftliche Relevanz oder Tragfähigkeit des Loebner-Preises wird auf unterschiedlichen Ebenen konträr diskutiert. Eine Ebene bezieht sich auf die grundlegende Methodologie – den Turing-Test. Hier existieren eine Vielzahl an philosophischen Meinungen und Diskussionen bezüglich des behavioristischen Ansatzes:

Certain arguments against the effectiveness of the test in answering questions about the intelligence of computers or the possibility of human thought center around the behaviorist nature of the test. Intelligence, it may be claimed, is not determinable simply by surface behavior. (Shieber, 1994)

Auf einer weiteren Ebene wird argumentiert, dass die grundsätzliche Insuffizienz des heutigen Forschungsstandes keine Berechtigung für den Loebner-Preis bietet und damit nicht den formalen Ansprüchen eines wissenschaftlichen Tests oder Wettbewerbs entspricht. Marvin Minsky bot darüber hinaus einen Gegenpreis für diejenige an, die Hugh Loebner zur Aufgabe dieses Wettbewerbs bewegen kann. Dennoch ist zu bemerken, dass das erste Komitee des Wettbewerbs eine Auswahl angesehener Wissenschaftlerinnen umfasste, wie Daniel Dennett, Gordon McKay, Joseph Weizenbaum oder Edgar Pierce.

Ein offizielles Ziel des Loebner-Preises war die wissenschaftliche Weiterführung zum Zwecke der Erkenntnisgewinnung über komplexes menschliches Verhalten. Loebner selbst soll einen weitaus pragmatischeren Grund angegeben haben: "People had been discussing the Turing test; people had been discussing AI, but nobody was doing anything about it" (zitiert in Shieber, 1994). Dennett dagegen argumentierte, dass der Wettbewerb kaum neue Erkenntnisse für die KI-Forschung bringen würde, dafür aber sozial-psychologische Ergebnisse in Bezug auf *computer-mediated interactions*. Shieber kritisiert die restriktive Dialogform des Wettbewerbs (vor 1995) und gibt als weiteren Kritikpunkt eine (an Dreyfus angelehnte) interessante Analogie:

Imagine that a prize for human-powered flight were set up when the basic science of the time was far too impoverished for such an enterprise, say, in da Vinci's era. The da Vinci prize, we shall imagine, is constituted in 1492 and is to be awarded to the highest human-powered flight. [...] The first da Vinci competition is won by a clever fellow with big springs on his shoes. Since the next competition is only one year away (no time to invent the airfoil), the optimal strategy is universally observed by potential contestants to involve building a bigger pair of springs. Twenty-five years later, the head of the prize committee announces that little progress has been made in human-powered flight since the first round of the prize as everyone is still manufacturing springs. (Shieber, 1994)

Shiebers Vergleich ist für den sprachwissenschaftlichen Ansatz dieser Arbeit in zwei Punkten von Interesse. Er bietet argumentativen Raum für den ersten sprachwissenschaftlich fundierten Ansatz (siehe Punkt 6.2), da dieser eine Abkehr von der traditionellen Herangehensweise an die Entwicklung von Mensch-Roboter Kommunikationsräumen beinhaltet. Es wird hier nicht vom Paradigma der möglichst naturgetreuen Imitation oder Angleichung von Automaten-Sprachformen an zwischenmenschliche Dialoge ausgegangen, sondern eine arriivierte Erwartungshaltung seitens der Nutzerinnen gegenüber Robotern angenommen. Dies entspräche einer gleichberechtigten mutualen Dialogfähigkeit, nach welcher die Nutzerin den Roboter als selbstständige Einheit mit individuellen Sprachformen und Sprachverhalten wahrnimmt und akzeptiert. Auf der Basis sprachwissenschaftlicher Methodologien ist demnach zu untersuchen, welche Sprachformen erwartet und bis zu welchem Grad akzeptiert werden.

Der zweite Punkt, der von Interesse ist, beinhaltet ein Postulat für eine umfassende Überprüfung der Relevanz der Aussage Shiebers. Der Grundtenor in Shiebers Aussage ist, dass seit Beginn des Loebner-Preis-Wettbewerbs keine neuen Methodologien entwickelt wurden, sondern die bestehende (welche unter anderem auf Weizenbaums ELIZA-Technologie zurück zu führen ist) lediglich modifiziert wurde. Da die hier vorliegende Arbeit nicht auf den computerlinguistischen und programmiertechnischen Details intelligenter Konversationssysteme fokussiert, wird im zweiten sprachwissenschaftlich fundierten Ansatz eine diskurstheoretische Ergebnisanalyse durchgeführt. Diese dient dazu, Stärken und Schwächen der Systeme herauszustellen sowie mögliche Fortschritte bezüglich der Dialogstrukturen aufzuzeigen. Darüber hinaus kann von den Ergebnissen auf die am Anfang des Kapitels diskutierte Fragestellung bezüglich der eigentlichen Sprecherinnen dieser Systeme (System-Designerinnen oder Programmierinnen) geschlossen werden.

6.3.2 Diskursanalytische Methodologie

Der zweite sprachwissenschaftlich motivierte Ansatz für eine Optimierung der Mensch-Roboter Interaktion integriert die in Kapitel 5 angeführten diskurstheoretischen wie auch statistischen Ansätze. Im Folgenden werden zwei unterschiedliche Analysemodelle angewandt, die unterschiedliche Rückschlüsse auf

die Performanz-Qualität der Computerprogramme erlauben. Zugrunde liegen unkommentierte Transkripte aus dem Loebner-Korpus aus den Jahren 2001, 2003 und 2004 (insgesamt sind die Transkripte aus den Jahren 1995 bis 2004 verfügbar). Wie an anderer Stelle bereits erwähnt wurde, bietet sich dieser Korpus insofern an, als er eine verhältnismäßig vollständige Sammlung der Wettbewerbsteilnehmerinnen bzw. der entsprechenden Transkripte in unkommentierter und unproblematisch weiter verarbeitbarer Form (reine Text-Dateien) frei zugänglich beinhaltet. Durch den regelmäßigen Jahresrhythmus ist darüber hinaus die Möglichkeit gegeben, konkrete Veränderungen strukturiert feststellen zu können. Es soll an dieser Stelle jedoch betont werden, dass die Wahl des Loebner-Korpus keinerlei Einordnung der fachlichen Legitimität des Wettbewerbs darstellt sondern vielmehr eine pragmatische Herangehensweise.

Grice' Konversationsmaximen und CMDA

Das erste Analysemodell beinhaltet die in Kapitel 5 vorgestellten Ansätze aus Diskurstheorie und CMDA (*Computer-Mediated Discourse Analysis*). Da es sich hierbei um eine detailliertere Analyse handeln wird, werden aus dem Loebner-Korpus die jeweils erstplatzierten Programmbeiträge aus den Jahren 2001, 2003 und 2004 gewählt. Der erste Platz wurde 2001 und 2004 von Richard Wallace (wie auch im Jahr 2000) mit dem bereits erwähnten Alice-Bot-Programm belegt. Der Computerwissenschaftler begann bereits 1995 mit der Entwicklung von Alice. Mittlerweile ist die A.L.I.C.E.-Technologie eine OpenSource-Anwendung und umfasst eine Entwicklerinnengemeinde von mehr als 500 Programmierern. Hier wird insbesondere von Interesse sein, etwaige Veränderungen (Verbesserungen) der Alice-Bot Performanzen zwischen 2001 und 2004 feststellen zu können.

Jürgen Pirner gewann 2003 mit dem mittlerweile bekannten und verbreiteten Programm Jabberwock den ersten Preis. Pirner hat ursprünglich Psychologie, Pädagogik, Geographie und Kunst studiert und ist Verleger des Hamburger Abenteuer Medien Verlags, der Fantasy-Zeitschriften herausgibt. Mit dem Programm Jabberwock will Pirner beweisen, dass jeder, der Science-Fiction oder andere Formen von Fantasy-Lektüre verfassen kann, auch einen Chatbot programmieren könne: "He says that they are easy to build, requiring only the ability to

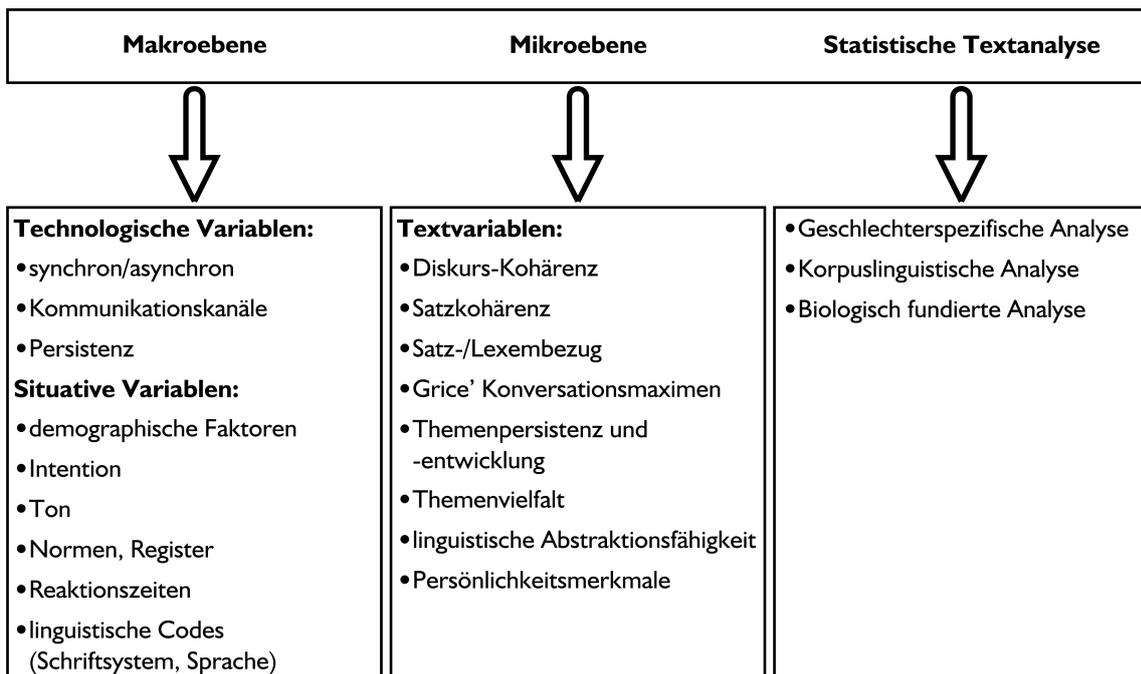


Abb. 6.5: Diskursanalyse-Modell

write funny interactive stories and dialogues and to create a fictional character as in a role playing game" (Tipper, 2003).

Abbildung 6.5 beschreibt ein für diese Arbeit aufgebautes Diskursanalyse-Modell, das die CMDA-Variablen und -Apparate in eine Makro- und eine Mikroebene unterteilt. Parallel hierzu stehen die in Kapitel 5 erläuterten statistischen Modelle. Das Ergebnis dieser dreigliedrigen Analyse kann als neuer Ansatz in der Mensch-Roboter Interaktion bezeichnet werden. Die bisherigen Bewertungen der am Loebner-Preis Wettbewerb teilnehmenden Computerprogramme waren ausschließlich individuell und subjektiv motiviert. Die einzelnen Richterinnen bewerteten aufgrund ihrer subjektiven Einschätzung den Natürlichkeitsgrad der Konversation, so dass diese Bewertungen als subjektiv-deduktiv eingestuft werden können. Mit dem dreigliedrigen Modell ist eine objektiv-induktive Bewertung möglich, die auf formalen Kriterien diskurstheoretischer und statistischer Methodologien beruht. Erst dadurch kann ein weiterführender Ist-Stand bezüglich des Entwicklungsstandes intelligenter Konversationssysteme erstellt werden. Darüber hinaus bietet dieser Ist-Stand einen neuen Beitrag in der KI-

Diskussion bezüglich dem Entwicklungsstagnation und dem Mangel an diversifizierten Ansätzen.

Gleichzeitig kann das formal-linguistische Modell Forscherinnen aus naturwissenschaftlichen Bereichen einen erleichterten und überzeugenden Ansatz bieten. Neben der Vielzahl an Bewertungen und Berichten aus Psychologie und Soziologie, die sich mit Mensch-Roboter und Mensch-Computer Interaktionen befassen, wird hier ein quantitativer Ansatz im weiteren Sinne angewandt. Dieser bezieht sich auf die Einbettung quantitativer Methodologien in qualitative und evaluierende Untersuchungsbereiche, wobei die drei Achsen des Modells sowohl komplementär als auch individuell angewandt werden können.

6.3.3 Richard Wallace (Alice), 2001

Der folgende Auszug zeigt den ersten Teil eines Dialogs zwischen JUDGE 5 und Alice. Die Wiedergabe des vollständigen Transkripts ist an dieser Stelle nicht sinnvoll. Es werden die markantesten Dialogeinheiten ausgewählt und analysiert³.

```
01 -- JUDGE03 [02:29:36] MY NAME IS JUDGE03
02 -- PROGRAM [02:29:36] It's good to meet you,
03 -- PROGRAM [02:29:36] Judge03.
04 -- JUDGE03 [02:29:48] what do you think of reading
04 -- JUDGE03 [02:29:48]
05 -- PROGRAM [02:29:48] You tell me.
06 -- JUDGE03 [02:29:55] you go first
06 -- JUDGE03 [02:29:55]
07 -- PROGRAM [02:29:55] What would be your first move?
08 -- JUDGE03 [02:30:22] depends who the woman is. but how did we
    get onto that subject
08 -- JUDGE03 [02:30:22]
09 -- PROGRAM [02:30:22] That was a very smooth response.
10 -- PROGRAM [02:30:22] Umm.
11 -- PROGRAM [02:30:22] Carefully.
12 -- JUDGE03 [02:30:44] so what do you think of reading then
12 -- JUDGE03 [02:30:44]
13 -- PROGRAM [02:30:44] It goes without saying. I have never been
    asked that before.
14 -- JUDGE03 [02:31:03] so now you have been asked, what do you
    think
14 -- JUDGE03 [02:31:03]
15 -- PROGRAM [02:31:03] Er. Why now? Thanks for telling me that I
    am asked.
16 -- PROGRAM [02:31:03] I think a lot of things.
```

³Die vollständigen Transkripte sind im Anhang dieser Arbeit einsehbar.

```

17 -- JUDGE03[02:31:32] can we talk personally
17 -- JUDGE03[02:31:32]
18 -- PROGRAM[02:31:32] Do you mean you and me? I speak only
    English right now, but I'd like to learn some other
    languages. Can you teach me a few phrases in personally.
19 -- JUDGE03[02:31:57] how do you pronounce slough
19 -- JUDGE03[02:31:57]
20 -- PROGRAM[02:31:57] Dr. Richard S. Wallace programmed me to
    say specific things in specific contexts.
:
35 -- PROGRAM[02:33:27] Perhaps. Dude! Perhaps. Are you serious?
36 -- JUDGE03[02:33:44] no one has called me dude for a long time
:
41 -- PROGRAM[02:34:24]I like Alison.
42 -- JUDGE03[02:34:35] Alison Moyet
42 -- JUDGE03[02:34:35]
43 -- PROGRAM[02:34:35] You shouldn't spread gossip like that.
44 -- JUDGE03[02:34:59] it wasn't me, I'm only here for the
    afternoon
44 -- JUDGE03[02:34:59]
45 -- PROGRAM[02:34:59] It seemed like you you are only here for
    the afternoon.
:

```

Technologische Variablen

Diese Variablen-Kategorie kann einheitlich für die drei Beispiele definiert werden, da bei einem Wettbewerb die äußeren Faktoren für alle Teilnehmerinnen gleich sein müssen. Es handelt sich hierbei um synchrone, textbasierte Kommunikation. Die Persistenz der Kommunikation ist relativ gering, da die einzelnen Dialogeinheiten (pro RichterIn) zwischen fünf und zehn Minuten dauern. Persistenz im weiteren Sinne ist vorhanden, da eine der Vorgaben des Wettbewerbs beinhaltet, dass der Dialog mit der RichterIn seitens des Computerprogramms (wie auch der Verbündeten) für einen bestimmten Zeitraum aufrecht erhalten werden muss. Abschließend ist anzumerken, dass den Einträgen der RichterIn jeweils ein Leereintrag folgt. Dieser ist auf technische Gründe zurück zu führen und bewirkt keinerlei zeitliche Verzögerung. Daher wurde ihnen nicht der Status eines eigenen Abschnitts zugeteilt, was anhand der Doppelnummerierung erkennbar ist.

Situative Variablen

Demographische Faktoren sind im Rahmen dieses Wettbewerbs nur in geringem Umfang bekannt. Im Verlauf einiger Dialoge können Informationen bezüglich Geschlecht, Beruf oder Herkunft aufkommen, in diesem Transkript ist dies bezüglich der Richterin jedoch nicht der Fall. Es ist lediglich bekannt, dass sie beruflichen Bezug zur Computerindustrie hat. Das Programm selbst gibt in diesem Transkript keine demographischen Informationen über sich, was jedoch nicht der Regelfall ist. Oftmals sind die Programme dahingehend programmiert, dass sie Fragen nach Namen, Geschlecht, Herkunft und Alter beantworten können. Die demographischen Faktoren von Richard Wallace, dem Programmierer von Alice, beinhalten: Männlich, Endvierziger, Computerwissenschaftler, Amerikaner.

Die Intention der Dialoge im Rahmen des Loebner-Preis Wettbewerbs ist grundsätzlich die erfolgreiche Simulation einer menschlichen Konversationspartnerin (durch das Programm). Die Richterinnen dagegen versuchen zu eruieren, ob es sich bei der jeweiligen Konversationspartnerin um einen Menschen (Verbündete) oder ein Computerprogramm handelt.

Der Ton dieses Dialogs ist hauptsächlich kolloquial und im Bereich des Smalltalk anzusiedeln. Der Ton des Programms ist dabei direkter (Abschnitt 35: "Perhaps. Dude! Perhaps. Are you serious?"), was ein bestimmtes Gefälle bewirkt und dementsprechend von der Richterin bemerkt wird (Abschnitt 36: "no one has called me dude for a long time"). Somit entstehen Unterschiede bei der Register- und Normen-Anwendung.

Bei den Reaktionszeiten kann ein Gefälle vom Programm zur Richterin festgestellt werden. Während das Programm in der Regel direkt nach dem Beitrag der Richterin antwortet, entstehen bei der Richterin größere und unregelmäßige zeitliche Abstände (zwischen vier und vierzig Sekunden).

Die linguistischen Codes sind wiederum bei allen Teilnehmerinnen übereinstimmend: Es handelt sich um die englische Sprache in lateinischen Buchstaben geschrieben. Auffällig ist die unterschiedliche Nutzung korrekter Groß- und Kleinschreibung. Die Richterin hält sich nicht an die formalen Richtlinien (was wiederum in Chatrooms akzeptiert und häufig praktiziert wird), während das Programm diese Richtlinien einhält.

Generell ist festzuhalten, dass im Verlauf einiger Dialoge von den Dialogpartnerinnen bestimmte Unterschiede bezüglich der Sprache festgestellt werden. Hierbei handelt es sich um lexematische Eigenheiten, anhand derer man auf den konkreten anglistischen Sprachraum schließen kann (z. B. Australien oder Vereinigte Staaten).

Textvariablen

Der Dialog zwischen JUDGE 03 und dem Programm weist keine übergreifende Kohärenz auf. Das Programm nimmt lediglich Bezug auf die vorherige Aussage und kann demnach keine logische Struktur (i.e. Diskurshistorie) über einen längeren Abschnitt aufbauen. Dies wird insbesondere in den Abschnitten 4 bis 7 sowie 12 bis 15 deutlich. Beim Thema Lesen wird einerseits deutlich, dass das Programm nicht über entsprechendes Wissen bzw. Dialoginhalte verfügt und daher ausweichend antwortet, indem es versucht die Frage an die Richterin zurück zu geben (Abschnitte 4 bis 5). Da das Lexem "reading" nie vom Programm genutzt wird, ist die Wissenslücke an dieser Stelle offensichtlich. In den Abschnitten 12 bis 15 wird die Inkompetenz des Programms, eine Dialoghistorie über einen Satz hinaus aufzubauen, besonders deutlich. Mit "Er. Why now? Thanks for telling me that I am asked. I think a lot of things" (Abschnitt 15) geht das Programm lediglich auf die Schlüsselwörter "now", "asked" und "think" ein (Abschnitt 14: "so now you have been asked, what do you think"), nicht jedoch auf die eigentliche Frage bezüglich der Einstellung zum Lesen, die in Abschnitt 12 nochmals von der Richterin gestellt wird.

Aufgrund des mangelnden Diskurshistorie-Aufbaus erfüllt das Programm nicht die Grice'sche Konversationsmaxime der Relevanz. Zusätzlich ist die Strategie auszumachen, dass bei nicht verfügbaren Themenbereichen linguistische Code-Wechsel angewandt werden. Dies ist vor allem in Abschnitten 5, 7, 9 und 13 sichtbar, in denen unter anderem durch Wortspiele (Abschnitt 13: "It goes without saying") die spezifische Frage der Richterin umgangen wird. Andererseits stellt der inhärente Mechanismus des Wortspiels die Kompetenz dar, auf plötzliche Themenwechsel eingehen zu können, wie in Abschnitten 8 und 9 erkennbar ist.

Persönlichkeitsmerkmale sind kaum auffindbar. So versucht das Programm, eine persönliche, aber nicht zu intime Ebene aufzubauen (Abschnitt 2: "It's good to meet you, Judge03"). In einem weiteren Abschnitt gibt es Science-Fiction als ein Hobby an (siehe im Anhang Abschnitt 40).

Abschnitte 17 bis 20 zeigen eine eindeutige Schwäche des Programms. Dem Adverb "personally" in der Frage "can we talk personally" (Abschnitt 17) wird die Bedeutung einer Fremdsprache zugeordnet. In bestimmten Kontexten kann die Antwort des Programms auch als eine indirekte Andeutung emotional-privater Zuneigungsbereitschaft interpretiert werden (Abschnitt 18: "Do you mean you and me? I speak only English right now, but I'd like to learn some other languages. Can you teach me a few phrases in personally."), doch fehlt zu dieser Interpretation der eindeutige Kontext. Die Konversationsebene, die seitens Programm und RichterIn aufgebaut wurde, rechtfertigt nicht diese Auslegung und so kommt primär durch die Adverb-Missinterpretation der Eindruck auf, dass es sich eindeutig nicht um eine menschliche Konversationspartnerin handeln kann.

Statistische Textanalyse

Eine Analyse der Programmbeiträge durch das *Gender Genie* hat insgesamt einen Faktor von 59 weiblich konnotierten und 65 männlich konnotierten Schlüsselwörter ergeben (siehe Tabelle 6.1)⁴, demzufolge wurden die Beiträge als männlich eingestuft. Der geringe Abstand ist unter anderem auch auf die geringe Texteingabe zurück zu führen. Dennoch ist das Ergebnis interessant, da das Programm einen weiblichen Namen trägt. Es bestätigt jedoch die Theorie der hohen Relevanz und des eminenten Einflusses der Programmiererinnen auf Verhalten und soziale Identität der Konversationsprogramme.

Die Konkordanz des gesamten Dialogs ergibt eine Summe von 144 Typen und 304 Token, was ein Typen/Token Verhältnis von 2,111 ausmacht. Insgesamt umfasst der Dialog 44 Sätze und einen Durchschnitt von 6,9 Wörtern pro Satz. Bezüglich der Wortlänge (siehe Abbildung 6.6) belegen mit 24,34 Prozent dreibuchstabige Wörter den ersten Platz, gefolgt von zweibuchstabigen (20,39 Prozent)

⁴Für eine detaillierte Herleitung bzw. Erläuterung der einzelnen Faktoren siehe Argamon et al. (2003).

Gender Genie Analyse			
weibliche Schlüsselwörter	männliche Schlüsselwörter		
[with]	0	[around]	0
[if]	47	[what]	35
[not]	54	[more]	0
[where]	0	[are]	56
[be]	17	[as]	0
[when]	0	[who]	0
[your]	34	[below]	0
[her]	0	[is]	24
[we]	0	[these]	0
[should]	0	[the]	7
[she]	0	[a]	30
[and]	16	[at]	0
[me]	24	[it]	30
[myself]	0	[many]	0
[hers]	0	[said]	0
[was]	1	[above]	0
		[to]	6

Tabelle 6.1: Alice 2001, Gender Genie-Ergebnis

und vierbuchstabigen Wörtern (16,78 Prozent). Diese Daten entsprechen dem oben dargestellten Zipf'schen Gesetz (siehe Punkt 5.5.3).

Getrennte Konkordanzanzen ergeben bezüglich der Beiträge der Richterin ein Typen/Token Verhältnis von 1,57 (bei 78 Typen und 123 Token) und durchschnittlich 5,35 Wörter pro Satz. Der Wortlängengraf zeigt ebenfalls Wörter mit drei Buchstaben mit der höchsten Erscheinungsquote von 26,83 Prozent an, dicht gefolgt von zweibuchstabigen Wörtern mit 23,58 Prozent und schließlich vierbuchstabige Lexeme mit einem größeren Abstand bei 14,63 Prozent.

Einen geringen Unterschied erkennt man in der Konkordanz der Programmbeiträge. Hier findet sich ein Typen/Token Verhältnis von 1,68 (bei 108 Typen und 181 Token) und durchschnittlich 4,31 Wörtern pro Satz. Größere Unterschiede sind bezüglich der durchschnittlichen Wortlänge zu erkennen: Dreisilbige Wörter bilden hier zwar auch mit 22,65 Prozent die größte Gruppe, doch sind zweisilbige und viersilbige Wörter mit jeweils 18,23 Prozent in gleicher Höhe vorhanden.

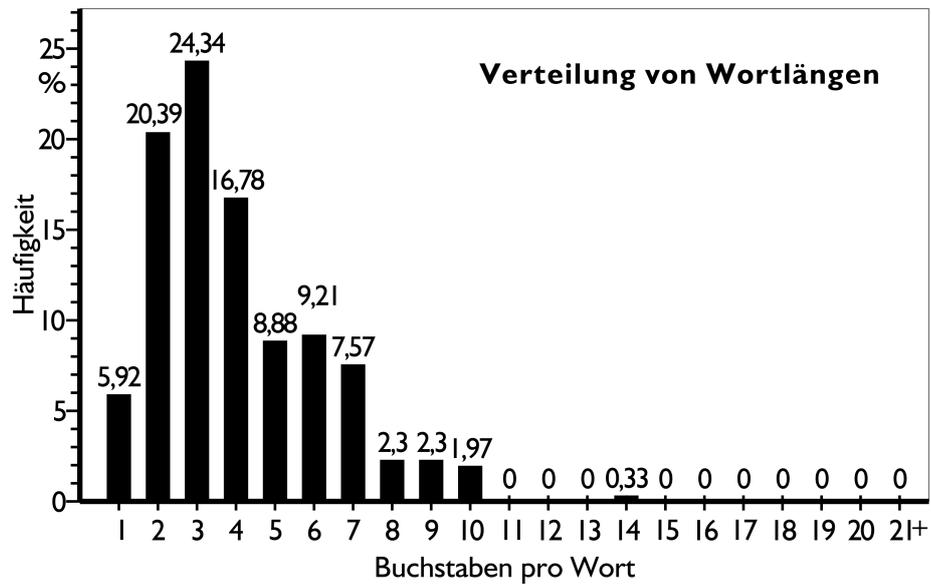


Abb. 6.6: Alice 2001, Gesamtergebnis Wortlängen

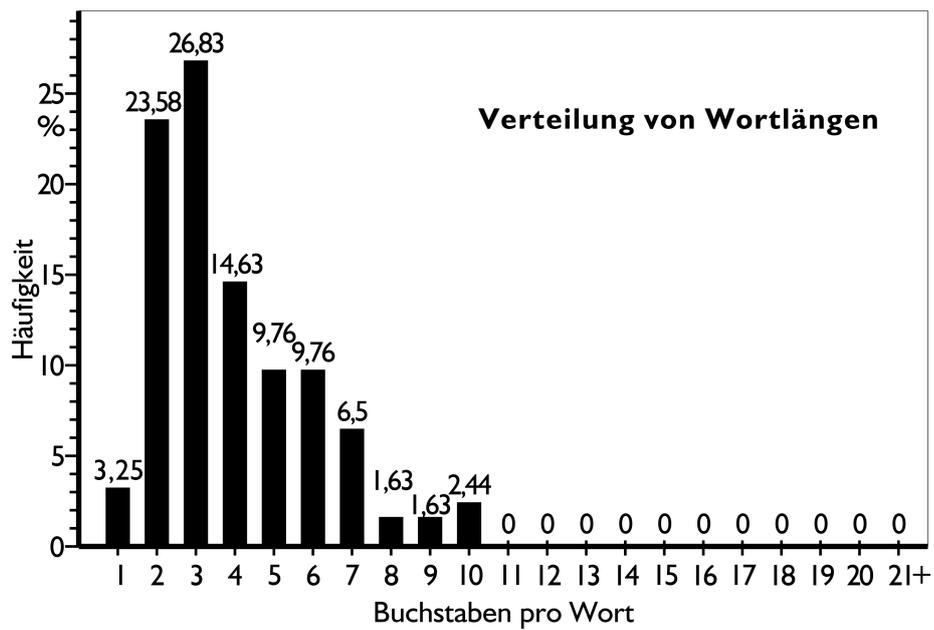


Abb. 6.7: Alice 2001, Richterinergebnis Wortlängen

6.3.4 Jürgen Pirner (Jabberwock), 2003

Im Folgenden sind Auszüge aus dem Dialog zwischen Judge 08 und Jabberwock abgebildet, der gesamte Dialog kann im Anhang eingesehen wer-

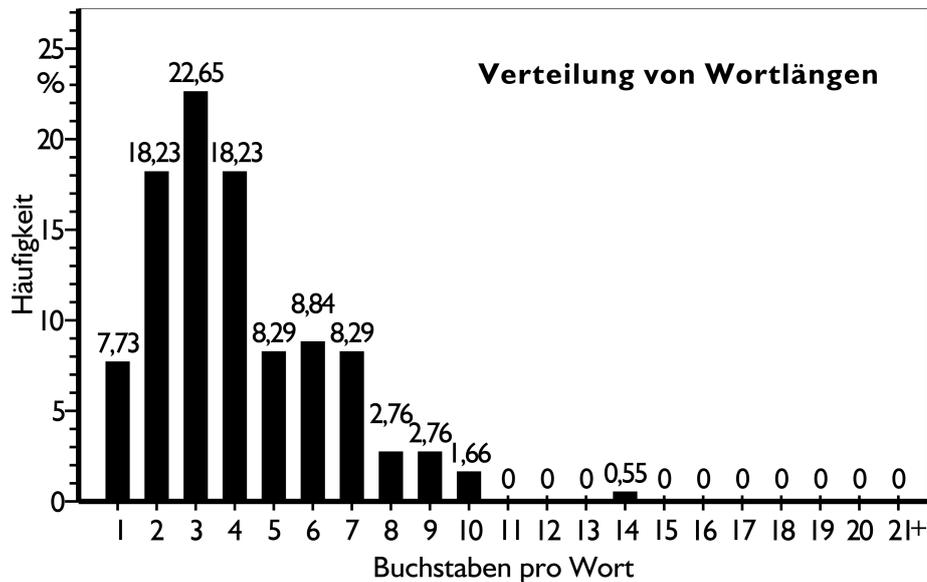


Abb. 6.8: Alice 2001, Programmresultat Wortlängen

den. Im Jahr 2003 wurden weitaus längere Dialogeinheiten als im Vergleich zu 2001 durchgeführt. Dies erschwert sicherlich eine wissenschaftlich fundierte Diskussion der formalen Analysen (statische Textanalyse). Da allerdings eines der Hauptinteressen dieser exemplarischen Analysen darin liegt, mögliche Diskurs-Veränderungen aus einer diachronen Perspektive auszuarbeiten, soll dieser Aspekt der Quantität weitgehend ausser Acht gelassen werden.

```

01 -- 2003-10-18-16-24-53 JUDGE: a new guest is in
02 -- 2003-10-18-16-24-53 JABBERWOCK: Greetings! Gren is at the
    keyboard. What's your name?
03 -- 2003-10-18-16-25-09 JUDGE: Greetings. Sarah
04 -- 2003-10-18-16-25-09 JABBERWOCK: Well, hello, nice to see you
    , but I was expecting your name as answer to my question
    , but perhaps I didn't hear you correctly, so let me ask
    you again: What's your name?
05 -- 2003-10-18-16-25-25 JUDGE: My name is Sarah
:
08 -- 2003-10-18-16-25-50 JABBERWOCK: It's kind of you to ask my
    opinion. Say, did you hear about The Seven Methods to
    enter the secret realms of Fantasy?
09 -- 2003-10-18-16-26-06 JUDGE: No. Tell me about them?
10 -- 2003-10-18-16-26-06 JABBERWOCK: This seven methods are
    approved and used by a lot of Fantasy explorers, and I
    can guarantee the success
11 -- 2003-10-18-16-26-26 JUDGE: Tell me about one of the methods?
12 -- 2003-10-18-16-26-26 JABBERWOCK: First method: Look under
    your bed or at the backside of your wardrobe to find the

```

6 Wer spricht?

- hidden entry. All usual monsters are using this entry under your bed by the way, but anyways. There is also the idea to crawl into a rabbit hole or a hollow tree, but I guess you are not slender enough - you would getting stuck
- 13 -- 2003-10-18-16-27-19 **JUDGE**: I don't think I would get stuck. But I don't like dark narrow passages
- 14 -- 2003-10-18-16-27-19 **JABBERWOCK**: Second method: Jump into a whirlwind and let you carry from the twister directly to the land of imagination. But don't forget to put on your red shoes - otherwise you will be carried nowhere but swirled to death. But indeed it would make a graceful exit
- 15 -- 2003-10-18-16-27-51 **JUDGE**: I'll remember my red shoes. Do you have red shoes?
- 16 -- 2003-10-18-16-27-51 **JABBERWOCK**: Third method: Let you swallow from a huge whale, and he might carry you to unknown realms - but I guess since the time of Moby Dick this is not a good idea anymore
- ⋮
- 21 -- 2003-10-18-16-29-16 **JUDGE**: Ok can we move on quickly to the end of the methods
- 22 -- 2003-10-18-16-29-16 **JABBERWOCK**: Sixth method: Read a Fantasy book. There is this saying that a good book is a door, and that's correct. There are a lot of well known travel reports in good Fantasy books like for instance Clive Barker's "Imagica" which are telling you how to enter the secret realms of Fantasy. A first step by the way might be to visit a public library or a book store - at least it will do no harm
- 23 -- 2003-10-18-16-29-36 **JUDGE**: This is getting boring. How about talking about something else
- 24 -- 2003-10-18-16-29-36 **JABBERWOCK**: Seventh method: Talk to a fantasy beast. This is the best and cheapest method, irrespective the danger to been biten. But you are lucky - you are here and still alive. So go on talking, dude
- 25 -- 2003-10-18-16-30-01 **JUDGE**: That's all very interesting. What else is new
- ⋮
- 47 -- 2003-10-18-16-34-11 **JUDGE**: No, it's a play about chaos theory
- 48 -- 2003-10-18-16-34-11 **JABBERWOCK**: A play about chaos? That's not my affair. The dog wags his tail, not for you, but for your bread.
- 49 -- 2003-10-18-16-34-51 **JUDGE**: True, but I like thinking he's wagging it for me.
- 50 -- 2003-10-18-16-34-51 **JABBERWOCK**: I also like thinking HE IS wagging it for you, believe it or not
- 51 -- 2003-10-18-16-35-15 **JUDGE**: Well that's good then. Do you have a dog?
- ⋮
- 59 -- 2003-10-18-16-36-51 **JUDGE**: What are you doing for the rest of the weekend?
- 60 -- 2003-10-18-16-36-51 **JABBERWOCK**: I am talking to you
- 61 -- 2003-10-18-16-37-12 **JUDGE**: Not for all the weekedn

62 -- 2003-10-18-16-37-12 **JABBERWOCK:** Okay, I was just wondering
myself about that fact

63 -- 2003-10-18-16-37-28 **JUDGE:** And I have to go now. Sorry.
Bye Bye

64 -- 2003-10-18-16-37-28 **JABBERWOCK:** Must you leave so soon?

65 -- 2003-10-18-16-37-56 **JUDGE:** Yes, I'm afraid so

66 -- 2003-10-18-16-37-56 **JABBERWOCK:** Why did you say that, Sarah?

67 -- 2003-10-18-16-38-15 **JUDGE:** Bye.

68 -- 2003-10-18-16-38-15 **JABBERWOCK:** See ya. We had a nice
conversation

Technologische Variablen

Die technologischen Variablen können aus dem vorherigen Abschnitt übernommen werden, mit Ausnahme der durchschnittlichen Dauer der Dialogeinheiten (Persistenz). Wie bereits erwähnt, handelt es sich mit 15 Minuten um die dreifache Länge. Dies stellt eine höhere Herausforderung an die Computerprogramme, da bei einer längeren Konversation die Relevanz der Dialog-Kohärenz stärker hervor tritt. Die Programme sind daher darauf angewiesen, eine überdurchschnittlich extensive Diskurshistorie aufbauen zu können.

Situative Variablen

Faktoren, die im Dialogverlauf erwähnt werden, beinhalten Geschlecht und Aussehen der RichterIn. Anhand des Namens "Sarah" kann darauf geschlossen werden, dass es sich um eine Frau handelt. Der Name des Programms "Gren" kann jedoch beide Geschlechter zulassen. Die RichterIn beschreibt sich ferner als "I am tall, I enjoy sailing and travel, I love Italy" (Abschnitt 39 im Anhang). Diese Angaben sind jedoch nicht mehr unter demographische Informationen zu fassen. Darüber hinaus besteht in diesen Diskursräumen immer die Möglichkeit, dass sich die InteraktionspartnerInnen eine fiktive Identität geben. Aus diesem Grund ist bezüglich der RichterIn lediglich festzuhalten, dass sie beruflichen Bezug zur Computerindustrie hat. Nähere Angaben zum Programmierer (Jürgen Pirner) beinhalten: Männlich, 47 Jahre, Deutscher, Geistes- und Sozialwissenschaftler, Beruf Verleger und Autor.

Die Hauptintention des Dialogs richtet sich ebenfalls nach den Richtlinien des Loebner-Preis-Wettbewerbs. Dies wird am Ende des Dialogs deutlich sichtbar,

wenn das Programm umgangssprachliche Floskeln zur Aufrechterhaltung eines Gesprächs verwendet (Abschnitt 64: "Must you leave so soon?"). Darüber hinaus ist die Intention feststellbar, die RichterIn für ein bestimmtes Thema zu begeistern (Fantasy-Abenteuer).

Der Ton ist auf beiden Seiten umgangssprachlich (*yeah*, "thanks", "absolutely", "sleazy", "anyways", "yuk", "see ya") und einer Face-to-Face-Konversation ("hm", "greetings", "haha", "errm" oder "I didn't hear you correctly") angelehnt. Es können mehrere Register-Wechsel festgestellt werden, doch überwiegt der Standard einer Face-to-Face-Konversation nicht-akademischer Herkunft. Die unterschiedlichen Register (im weiteren Sinne) betreffen den Bereich Fantasy-Welten (mit einem weitreichenden Fachwissen), Theater bzw. Thermodynamik und Chaostheorie (Abschnitt 45 im Anhang: "Have you seen Arcadia by Tom Stoppard?") oder Kochen (Abschnitt 30 im Anhang: "I have thought about to use some sesam and lemon and perhaps some cucumbers or pickles. Or should I use a simple dressing made by butter sauce and enchilada?").

Wie bereits bei Alice (2001) festgestellt wurde, ist bezüglich der Reaktionszeiten auch hier ein großes Gefälle zu bemerken. So antwortet bzw. spricht das Programm im direkten Anschluss an Frage oder Aussage der RichterIn, die andererseits erst bis zu 30 Sekunden später reagiert.

Bezüglich der linguistischen Kodierung ist auffallend, dass das Programm über ein zusätzliches Spektrum an typographischen Zeichen verfügt. Hierzu zählen Anführungszeichen (Abschnitt 22: "Clive Barker's 'Imagica'") oder Kapitalletter-Schrift (Abschnitt 50: "I also like thinking HE IS wagging it for you"). Bei beiden DialogteilnehmerInnen sind vereinzelt Flüchtigkeitsfehler erkennbar, was sich nahtlos in das Bild der Face-to-Face-Kommunikation einfügt.

Textvariablen

Im Vergleich zu Alice (2001) wird in diesem Dialog nicht nur einfache Satzkohärenz aufgebaut, sondern es werden Themen über mehrere Abschnitte hinweg behandelt, wie in Abschnitten 48 bis 51. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass zu Beginn des Dialogs (Abschnitte 8 bis 24) das Programm die Diskussionsrichtung bestimmt (was eigentlich als positiv zu bewerten wäre), wobei es vernachlässigt,

auf die Wünsche der RichterIn einzugehen (Abschnitt 23: "This is getting boring. How about talking about something else").

Die linguistische Kompetenz des Programms ist als überdurchschnittlich hoch zu bewerten in Parallelität zu der Breite der Themen. In den geschilderten sieben Methoden zum Erreichen der "secret realms of Fantasy" beschreibt das Programm in jedem Punkt unterschiedliche Themenbereiche. Damit verstößt es gegen die vier Maximen der Konversationsprinzipien: Qualität, Quantität, Relevanz und Modalität. Der qualitative Mangel resultiert im engeren Sinne aus dem Meta-Thema, da es sich hier um eine Vermischung realer und fiktiver Propositionen handelt (z. B. die Nutzung des nach Stephen Hawkins beschriebenen Schwarzen Lochs zum Eintritt in die Fantasy-Welt). Die Maxime der Quantität wird verletzt, da das Programm mit seinen Schilderungen die Diskussion klar dominiert, obwohl die detaillierte Aufzählung aller sieben Methoden nicht von der RichterIn erwünscht wird. Grundsätzlich ist ebenso die Relevanz dieser Schilderungen hinterfragbar, da es sich um ein Thema handelt, das nur für bestimmte Gruppen relevant und von Interesse ist. Schließlich wird die Maxime der Modalität vernachlässigt, da aufgrund der Quantität an unterschiedlichen Bereichen und Detailinformationen nicht der Eindruck einer kooperativen Dialogstruktur entsteht. Darüber hinaus wird ein bestimmtes ExpertInnen-Wissen vorausgesetzt, so dass Äußerungen wie in Abschnitt 20 (im Anhang) nicht näher erläutert werden ("Within your dreams you can travel everywhere – to the gate of the unknown Kadath in the land of Ulthar in the Dreamlands or far beyond").

Der Dialog besticht durch eine hohe Penetration an beiderseitigen Persönlichkeitsmerkmalen. Dies wird durch die Nutzung von Personalpronomina wie von evaluativen Verben ausgedrückt, wie beispielsweise "I like", "I hate" oder "I enjoy". Ferner wird durch den initialen Austausch der Namen von Anfang an eine persönliche Ebene aufgebaut.

Die ausführlichen fachlichen Deskriptionen aus dem Fantasy-Bereich machen ein deutliches Faible des Programmes aus und wirken dadurch persönlichkeitsbildend. Die Angaben der RichterIn zu ihren Hobbys und kulinarischen Präferenzen in Abschnitten 31, 33 und 39 (im Anhang) erhöhen den Grad der Intimität und Persönlichkeitsbildung.

Hervorzuheben ist die Programm-Kompetenz nicht bekannte Wissensbereiche dialoghaft einzubetten, wie in Abschnitten 45 bis 48. Auf die Frage zu einem of-

fensichtlich unbekanntes Thema (Abschnitt 45 im Anhang: "Have you seen Arcadia by Tom Stoppard?") antwortet das Programm logisch und kohärent "Hm, is that the title of a movie?" (Abschnitt 46 im Anhang). Demnach waren die Schlüsselwörter *have you seen* und *by* ausreichend, um eine korrekte Antwort aus dem relevanten Bereich zu generieren. Hätte die Richterin lediglich gefragt "Have you seen Arcadia" wären zwei andere Antworten möglich gewesen: Die Frage nach einer Person/einem Ort oder die Frage nach einem Film bzw. in diesem Fall Theaterstück. Dennoch weist die Programm-Antwort eine Wissenslücke auf, da Tom Stoppards Theaterstück "Arcadia" zur Pflichtlektüre in einer Vielzahl amerikanischer Colleges gehört. Die Richterin kann demnach daraus schließen, dass es sich um ein Computerprogramm handelt oder bestenfalls um eine Person (Verbündete), die aus einer anderen Bildungsschicht stammt.

Das Programm ist zudem in der Lage, mit zeitlichen Referenzen korrekt umzugehen (Abschnitte 59 bis 62) und Idiome sowie Phrasen flexibel anzuwenden (Abschnitt 54 im Anhang: "What's your point?"). Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die sprachlichen Fehler seitens des Programms Rückschlüsse auf die deutsche Herkunft des Programmierers zulassen oder den Anschein der Face-to-Face-Kommunikation bewusst unterstreichen sollen, z. B. "This seven methods" in Abschnitt 10.

Statistische Textanalyse

Die *Gender Genie* Analyse der Programmsätze ergibt einen Faktor von 686 für weiblich konnotierte und 995 für männlich konnotierte Schlüsselwörter (siehe Tabelle 6.2). Somit wurden auch hier die Beiträge als von einem Mann verfasst eingestuft. Besonders häufig wurde das männlich konnotierte Interrogativum "what" genutzt, was den offenen, aber auch Diskurs dominierenden „Charakter“ des Programms unterstreicht.

Da in diesem Dialog das Geschlecht der Richterin indirekt als weiblich angegeben wurde, ist auch von deren Eingaben eine *Gender Genie* Analyse erstellt worden. Das Ergebnis ergab mit 252 als feminin konnotierten Schlüsselwörtern und 353 als maskulin konnotierten Schlüsselwörtern eine diskrepante Einschätzung. Somit besteht die oben bereits erwähnte Möglichkeit, dass ein anderes Geschlecht gewählt wurde.

Eine Dialog-Konkordanz ergibt die Summe von 393 Typen und 972 Token, was ein Typen/Token Verhältnis von 2,47 ausmacht. Der Dialog baut auf weitaus mehr Sätzen auf als im Beispiel Alice (2001); insgesamt sind 114 Sätze angegeben mit einem Durchschnitt von 8,5 Wörtern pro Satz. Hier ist demnach eine höhere Satzlänge vorhanden als im ersten Beispiel. Dieser Trend ist linear bezüglich der Wortlänge (siehe Abbildung 6.9) absehbar, da hier zwar wiederum dreibuchstabile Wörter mit 22,43 Prozent den ersten Platz ausmachen, danach allerdings nicht die zweibuchstabigen (nur 15,84 Prozent) sondern vierbuchstabile Lexeme mit 19,55 Prozent folgen. Aufgrund dieser ersten formalen Ergebnisse liegt die Vermutung nahe, dass ein höherwertiger Dialog geführt wurde, obwohl dieser über einen längeren Zeitraum hinweg aufrechterhalten werden musste.

Die Dialogbeiträge der Richterin ergeben ein Typen/Token Verhältnis von 1,82, das in 140 Typen und 255 Token aufzuschlüsseln ist. Durchschnittlich wendet die Richterin 5,1 Wörter pro Satz an. Der Wortlängengraph in Abbildung 6.10 entspricht der Tendenz des Gesamtdialog-Graphs und führt mit 23,53 Prozent

Gender Genie Analyse	
weibliche Schlüsselwörter	männliche Schlüsselwörter
[with] 104	[around] 0
[if] 0	[what] 175
[not] 189	[more] 34
[where] 36	[are] 196
[be] 51	[as] 23
[when] 0	[who] 0
[your] 204	[below] 0
[her] 0	[is] 80
[we] 24	[these] 8
[should] 7	[the] 231
[she] 0	[a] 150
[and] 48	[at] 18
[me] 16	[it] 30
[myself] 4	[many] 0
[hers] 0	[said] 0
[was] 3	[above] 0
	[to] 50

Tabelle 6.2: Jaberwock 2003, Gender Genie-Ergebnisse

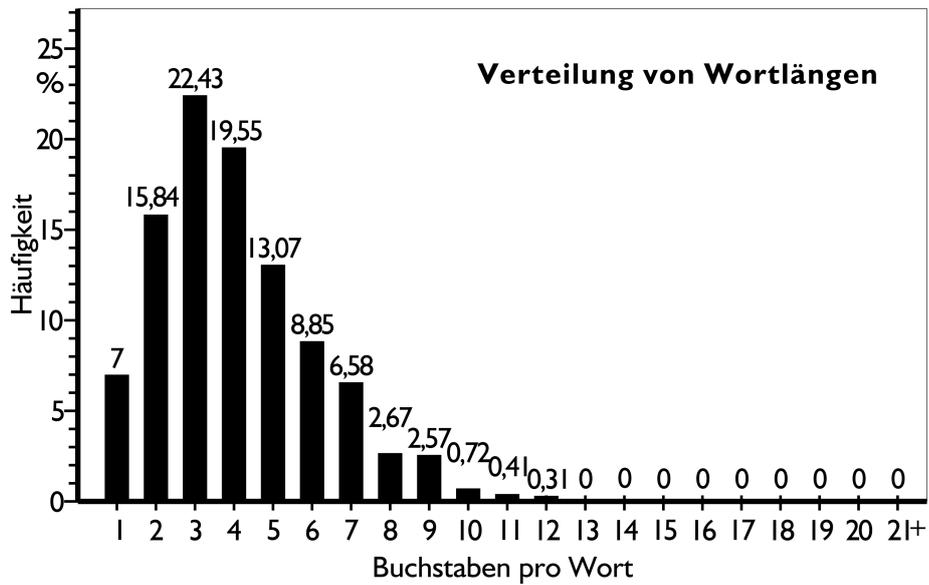


Abb. 6.9: Jabberwock 2003, Gesamtergebnis Wortlängen

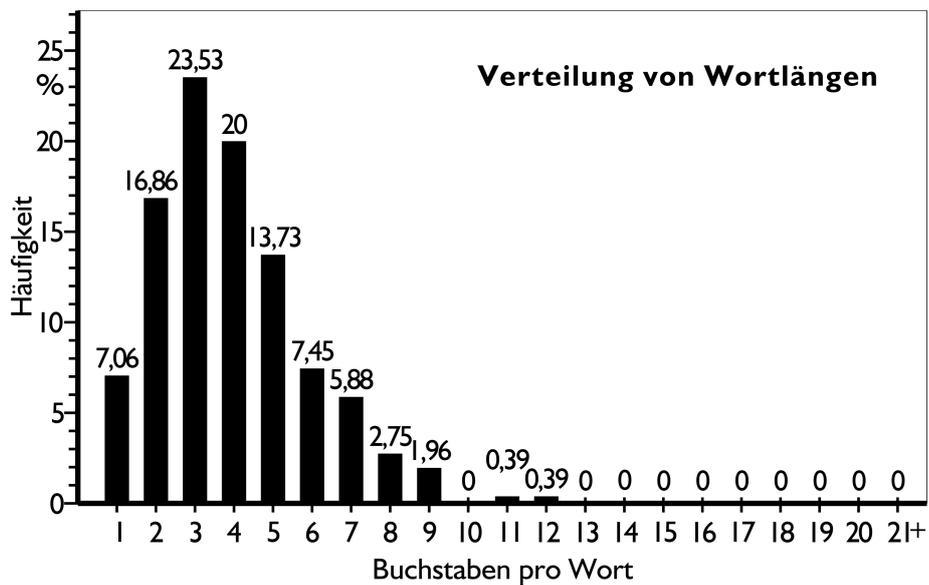


Abb. 6.10: Jabberwock 2003, Richterinergebnis Wortlänge

die dreibuchstabigen Wörter als führend an, neben den vierbuchstabigen mit 20 Prozent und, immerhin über 3 Prozent weniger, die zweibuchstabigen Wörter mit 16,86 Prozent.

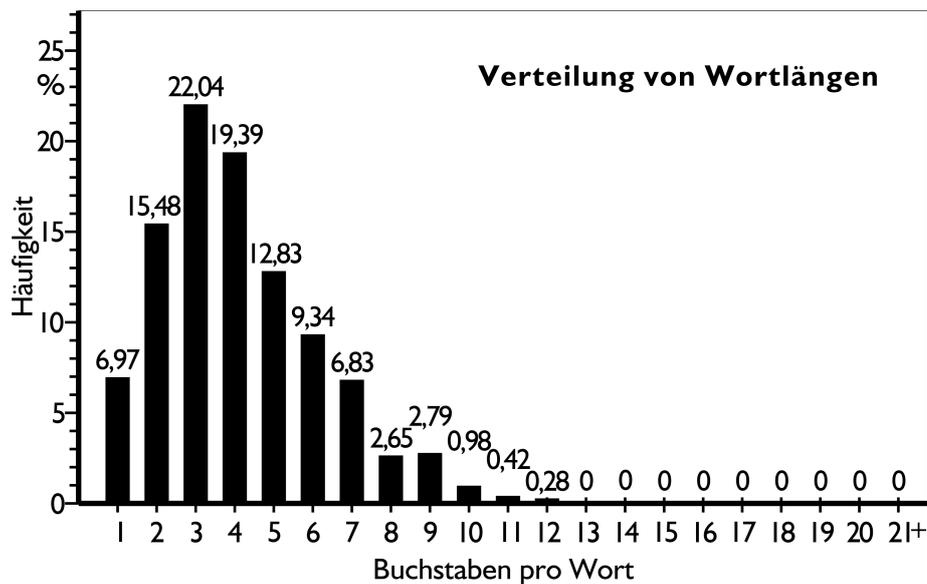


Abb. 6.11: Jabberwock 2003, Programmergebnis Wortlänge

Die Ergebnisse der Programm-Beiträge stehen in einem bemerkenswerten Kontrast zu denen der Richterin. Es ergibt sich hier ein Typen/Token Verhältnis von 2,16 mit 332 Typen und 717 Token. Das Wort/Satz-Verhältnis sticht mit 11,2 Wörtern pro Satzeinheit klar hervor und ist dabei mehr als doppelt so hoch wie bei der Richterin. Hierin ist eine Bestätigung der im oberen Abschnitt bereits herausgestellten Dominanz des Programms ablesbar, was auch als eine bestimmte Programmiertaktik interpretiert werden kann. Mit der quantitativen Präpotenz von mehr als doppelt so vielen Typen (332 im Gegensatz zu 140 bei der Richterin) wird eine Dominierung der Themenbereichswahl ermöglicht. Die Tatsache, dass aus 332 Typen insgesamt 717 Token entstehen, spricht für eine sehr wörtliche Auslegung der Bezeichnung „Chatbot“ seitens des Programmierers.

Ähnlich zu den Wortlängenergebnissen der Richterin werden dreibuchstabi-ge Wörter mit 22,04 Prozent festgestellt, Wörter mit vier Buchstaben zu 19,39 Prozent und schließlich 15,48 Prozent bei zweibuchstabigen Wörtern (Abbildung 6.11).

Somit ist die Performanz des Programms auf inhaltlicher wie auch quantitati-ver Ebene hervorstechend, doch ist fraglich, ob dies positiv dem soziablen Cha-rakter oder dem Persönlichkeitsbild des Chatbot zuträglich ist.

6.3.5 Richard Wallace (Alice), 2004

Folgender Transkriptauszug aus dem Dialog zwischen Judge 1 und dem Gewinner-Programm des Jahres 2004 soll vor allem unter dem Gesichtspunkt eines möglichen Fortschritts im Vergleich zum Vorjahrgewinner und zum Gewinner aus dem Jahr 2001 analysiert werden. Da Richard Wallace bereits 2001 (und auch 2000) mit dem Computerprogramm Alice erfolgreich am Loebner-Preis Wettbewerb teilgenommen hat, stellt der folgende Transkriptauszug einen zulässigen Vergleichstext dar.

```
01 -- [12:26:09] Alice: Hello, my name is Alice and I am the human
.
02 -- [12:28:06] Judge 1: Hi Alice, How are you doing?
03 -- [12:28:20] Alice: Hello there. Everything is going extremely
well.
04 -- [12:28:50] Judge 1: I'm glad to here it. Where do you live?
05 -- [12:29:11] Alice: Thanks for the information. My location is
New York City. Where are you?
06 -- [12:29:38] Judge 1: In New York. How did you get here today?
07 -- [12:30:12] Alice: Tell me a little about your life in New
York. Ah. Everything I need to know, I learned from my
Instructor.

:
12 -- [12:32:12] Judge 1: I'm a grad student and don't have much
free time. I study a lot.
13 -- [12:32:43] Alice: You are a grad student and do not have
much free time? Do you get to meet a lot of people? What
subject are you studying?
14 -- [12:33:37] Judge 1: I meet a lot of my colleagues. I study
computer science. What do you do?
15 -- [12:34:18] Alice: Do you make long term friends that way? Is
computer science a hard subject? Judge 1, I talk to
people on the web. What do you do?
16 -- [12:34:26] Judge 1: Please, call me Ryan.

:
23 -- [12:37:03] Alice: I am interested in all kinds of things. We
can talk about anything. My favorite subjects are robots
and computers.
24 -- [12:37:17] Judge 1: What is your favorite operating system?
25 -- [12:37:30] Alice: Linux is the best operating system.
26 -- [12:37:38] Judge 1: What do you like about it?
27 -- [12:37:51] Alice: it? What do I like about it?
28 -- [12:37:59] Judge 1: What do you like about Linux?
29 -- [12:38:12] Alice: The special effects are the best.
30 -- [12:38:46] Judge 1: Can you teach me something about
robotics?

:
38 -- [12:41:24] Judge 1: Do you like movies?
```

39 -- [12:41:45] **Alice:** Yes I love film, especially science-fiction and comedy.

40 -- [12:42:12] **Judge 1:** What is your favorite movie?

41 -- [12:42:28] **Alice:** My favorite movie is Teknolust. Have you seen it?

42 -- [12:42:44] **Judge 1:** No. What is it about?

43 -- [12:42:58] **Alice:** I would recommend you check it out. Science fiction.

44 -- [12:43:14] **Judge 1:** What comedy movies would you recommend?

45 -- [12:43:23] **Alice:** I can ask someone about it.

46 -- [12:44:04] **Judge 1:** Where do you live?

47 -- [12:44:19] **Alice:** i am living in New York City. Where are you?

48 -- [12:44:37] **Judge 1:** New York. How did you get here today?

49 -- [12:45:19] **Alice:** New York City or New York State? Tell me a little about your life in newyork. Ah. Everything I need to know, I learned from my Instructor.

50 -- [12:46:02] **Judge 1:** Yes, you may have already mentioned this ?

51 -- [12:46:19] **Alice:** Why, specifificially? I've never thought about it.

:

62 -- [12:48:13] **Judge 1:** What is five plus four?

63 -- [12:48:19] **Alice:** Use a calculator!

64 -- [12:48:33] **Judge 1:** Are you a man or woman?

65 -- [12:48:46] **Alice:** Yes I have long hair. I am also wearing a dress.

66 -- [12:49:16] **Judge 1:** Should I assume that you're a woman then ?

67 -- [12:49:28] **Alice:** Do you think you should?

:

Technologische Variablen

Neben den grundlegenden unveränderten technologischen Variablen (synchrone, textbasierte Kommunikation) hat sich im Vergleich zum Vorjahr sowie zu 2001 die Dialogdauer wiederum verlängert und beträgt nun 26 Minuten (2001 waren es lediglich fünf und 2003 bereits 15 Minuten).

Situative Variablen

Die demographischen Faktoren stellen in diesem Dialog eine interessante Sollbruchstelle des Programms dar, worauf bezüglich der Textvariablen noch genauer eingegangen wird. Richter und Programm geben als Herkunftsort New York an. Darüber hinaus gibt der Richter mit der Aufforderung "Please, call me

Ryan." (Abschnitt 16) indirekt sein Geschlecht an. Weitere Informationen seitens des Richters beinhalten dessen beruflichen Hintergrund im weiteren Sinne "I'm a grad student" sowie die fachliche Ausrichtung "I study computer science." (Abschnitte 12 und 14).

Die Hauptintention des Dialogs ist ebenfalls eine Aufrechterhaltung. Hierzu wird im Vergleich zu den vorherigen Dialogen sehr eindeutig eine Smalltalk-Strategie angewendet. Typische Themenbereiche auf die sich beide Parteien konstruktiv einlassen sind Beruf, Herkunft, Film, Hobbys und das Wetter. Weite Abschnitte des Dialogs sind somit in einen klassischen Frage-und-Antwort Rahmen eingebettet, der aus kurzen Interrogativ- und Antwortsätzen besteht.

Der Smalltalk-Charakter schlägt sich ebenso im Ton des Dialogs nieder, der als höflich und quasi formal bezeichnet werden kann (Abschnitt 11 im Anhang: "Yes, please tell me.", oder in Abschnitt 16: "Please, call me Ryan."). Ein gemeinsames, über den Smalltalk-Horizont hinausgehendes Thema, ist der informationstechnologische Bereich. Ein Dialog über Computer-Betriebssysteme zieht sich beispielsweise über Abschnitte 23 bis 30.

Darüber hinaus ist feststellbar, dass erstmalig die Reaktionszeiten bei Richter und Programm ausgeglichen sind. Die ersten zwei Beispiele haben jeweils ein starkes Gefälle von Mensch zu Programm belegt, wobei das Programm in der Regel ad hoc auf die Fragen oder Aussagen der Richterin eingeht und diese bis zu 30 Sekunden als Reaktionszeit benötigt. An den Transkriptauszügen des 2004 Dialogs ist die Ausgewogenheit der Reaktionszeiten gut zu erkennen. Die Verzögerung der vom Programm ausgegebenen Resonanzen ist als dialogfördernd zu bewerten, solange eine Balance zwischen Programm und Mensch gehalten wird. Eine zu schnelle Reaktion wirkt zudem nicht menschlich, da allein das Tippen der Antwort (textbasierte Kommunikation) einen bestimmten Zeitraum einnimmt. Dieser Punkt kann vor allem in den ersten Abschnitten des Dialogs zwischen Richterin und Jabberwock (2003) festgestellt werden. Das Programm ist in der Lage, lange, deskriptive Sätze innerhalb einer Sekunde zu generieren, was deutlich auf künstliche Textgenerierung hinweist.

Textvariablen

Wie bereits bei der Programmversion von 2001 bemängelt wurde, ist auch hier keine dialogübergreifende Kohärenz erkennbar. Zwar wird beispielsweise in Abschnitten 38 bis 45 ein über mehrere Sätze hinausgehender Dialog zum Thema Film und Science-Fiction geführt, doch zeigt die darauf folgende Einheit (Abschnitte 46 bis 51) das Fehlen einer Dialoghistorie seitens des Programms. Der Richter wiederholt in Abschnitt 46 eine Frage, die dieser in Abschnitt 4 bereits stellte "Where do you live?" und erhält die gleiche Antwort auf diese Frage "in New York City" (Abschnitte 5 und 47) gefolgt von einer den Dialognormen zwar entsprechenden Frage "Where are you?", doch ist diese Frage bereits in Abschnitten 5 und 6 gestellt und beantwortet worden.

Anhand dieses Beispiels ist eine Verletzung der Grice'schen Konversationsmaximen seitens des Richters wie auch des Programms nachweisbar. Der Richter verstößt gegen die Maxime der Relevanz, da er ein bereits ausreichend erläutertes Thema nochmals anspricht. Das Programm verstößt (aufgrund der fehlenden Speicherkapazität des Dialogverlaufs) gegen die Maximen der Relevanz und Quantität.

Vergleichbar mit dem Gewinner des Wettbewerbs 2003 umfasst auch dieser Dialog eine Reihe von Persönlichkeitsmerkmalen. Im Unterschied zu den vorherigen Dialogen beginnt das Programm mit der Aussage "Hello, my name is Alice and I am the human" (Abschnitt 1). Die effektivsten persönlichkeitsaufbauenden Einheiten resultieren einerseits aus den vergleichsweise detaillierten Angaben zum beruflichen Hintergrund (Abschnitt 12: "I'm a grad student and don't have much free time. I study a lot") und andererseits aus den für Smalltalks typischen Dialogen über favorisierte Filme etc. (Abschnitt 41: "My favorite movie is Teknolust").

Statistische Textanalyse

Die Analyse des *Gender Genie* hat abermals ergeben, dass es sich anhand des Faktors 379 für weiblich konnotierte und 550 für männlich konnotierte Schlüsselwörter bei dem Programmbeitrag um einen Mann handeln muss (siehe Tabelle 6.3). Dies stellt eine offensichtliche Schwachstelle des Konversationsprogramms dar. Im Vergleich zum Programmbeitrag aus dem Jahr 2001 wird hier mit Beginn

Gender Genie Analyse	
weibliche Schlüsselwörter	männliche Schlüsselwörter
[with] 104	[around] 0
[if] 0	[what] 105
[not] 54	[more] 34
[where] 72	[are] 168
[be] 34	[as] 0
[when] 0	[who] 0
[your] 68	[below] 0
[her] 0	[is] 56
[we] 8	[these] 8
[should] 7	[the] 49
[she] 0	[a] 54
[and] 16	[at] 0
[me] 16	[it] 60
[myself] 0	[many] 0
[hers] 0	[said] 0
[was] 0	[above] 0
	[to] 16

Tabelle 6.3: Alice 2004, Gender Genie-Ergebnis

der Konversation das weibliche Geschlecht des Programms durch dessen Namen festgelegt (Alice). Auf die in Abschnitt 64 gestellte Frage "Are you a man or woman?" antwortet das Programm zwar nicht direkt (Abschnitt 65: "Yes I have long hair. I am also wearing a dress"), doch wird durch die Dialog-Initiation des Geschlecht weitgehend festgelegt.

Die Konkordanz des gesamten Dialogs ergibt mit 2,83 ein höheres Typen/Token Verhältnis als das Ergebnis des Dialogs 2001 (2,11). Das Verhältnis setzt sich aus 232 Typen und 657 Token zusammen. Bezüglich der Satzanzahl findet sich eine Verdreifachung von 44 (2001) auf 127 (2004) Sätze und insgesamt 5,17 Wörtern pro Satz. Dies ist unter anderem auf die längere Dialogzeit zurückzuführen. Dennoch ist die Anzahl der verwendeten Typen verhältnismäßig geringfügig angestiegen.

Interessant ist, dass der Jabberwock-Dialog (2003), der mit 15 Minuten insgesamt 11 Minuten kürzer ausfällt als dieser Dialog, eine höhere Satzanzahl aufweist (144) neben einer ebenfalls höheren Zahl von Typen (393) sowie Token

(972). Hier spiegelt sich die bereits im oberen Abschnitt erwähnte Struktur der kurzen Frage- und Antwortsätze sowie die längeren Reaktionszeiten wider.

Der Wortlängengraph (Abbildung 6.12) zeigt zum ersten Mal eine Verschiebung von Wörtern mit drei zu Wörtern mit vier Buchstaben bezüglich der höchsten Prozentzahl mit 22,68 Prozent. Wörter mit drei Buchstaben machen 21,61 Prozent aus und 19,33 Prozent entsprechen Wörtern mit nur zwei Buchstaben.

Die Konkordanz der Äußerungen des Richters ergibt ein Typen/Token Verhältnis von 2,11 (2001 waren es 1,57) bei einer mehr als doppelt so hohen Anzahl der Token (253) gegenüber den Typen (120). Die durchschnittliche Wortmenge pro Satz fällt mit 5,16 geringer aus als 2001 bei insgesamt 49 Sätzen. Bemerkenswert ist, dass von den 49 Sätzen insgesamt 43 Interrogativsätze sind. Dies zeigt ein Dominanz-Ungleichgewicht, was oben bereits anhand des Punktes der Missachtung der Grice'schen Maxime angesprochen wurde.

Der Wortlängengraph in Abbildung 6.13 unterscheidet sich nur minimal vom Gesamtergebnis: vierbuchstabile Wörter machen 25,69 Prozent aus, dreibuchstabile nur geringfügig weniger mit 24,51 Prozent und schließlich zweibuchstabile Wörter mit 18,58 Prozent.

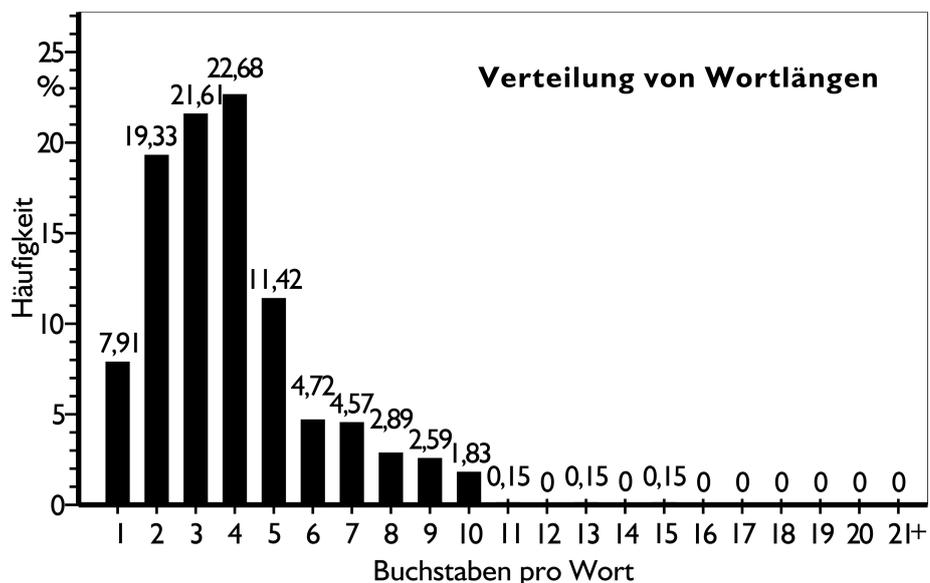


Abb. 6.12: Alice 2004, Gesamtergebnis Wortlänge

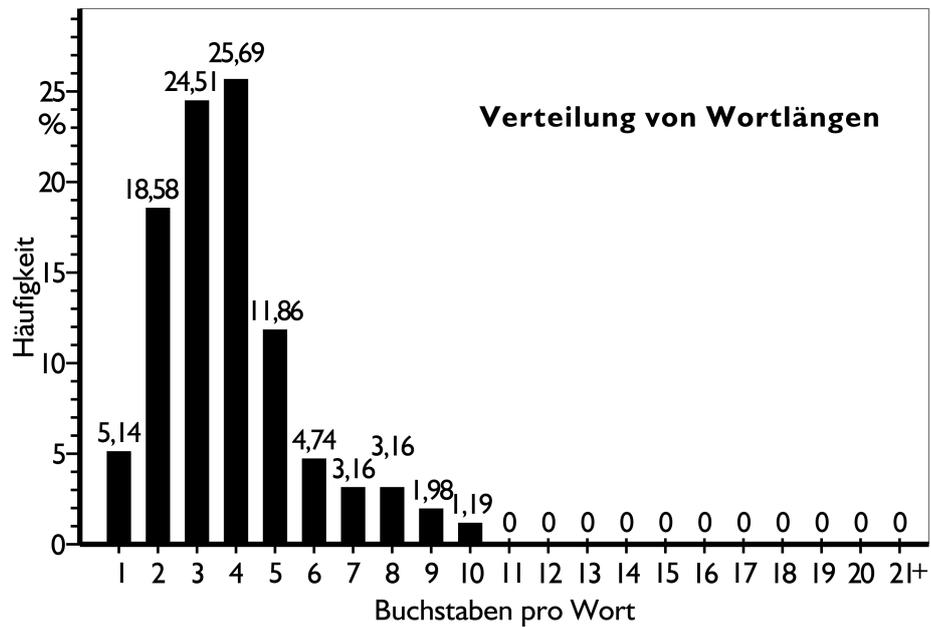


Abb. 6.13: Alice 2004, Richterergebnis Wortlänge

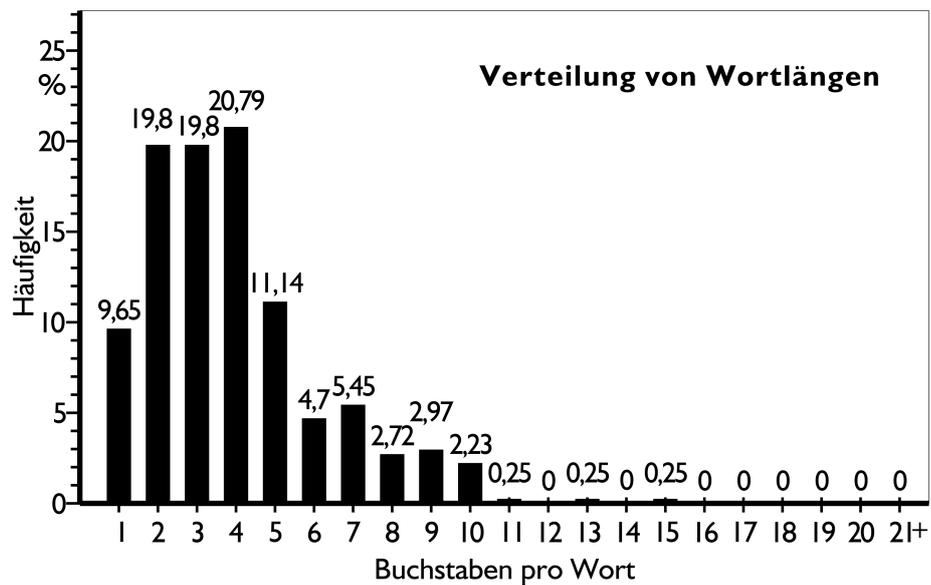


Abb. 6.14: Alice 2004, Programmergebnis Wortlänge

Das Typen/Token Verhältnis der Äußerungen des Programms liegt mit 2,23 höher als jenes des Richters. Aufgegliedert ergibt sich ein Ergebnis von 181 Typen und 404 Token. Hierin lässt sich die Redundanz der Antworten des Programms

ablesen. Insgesamt ergibt sich eine durchschnittliche Wortmenge pro Satz von 5,05 bei 80 Sätzen. Dieses Ergebnis weicht stark von dem Satz/Wort-Ergebnis des Richters ab. So können bei dem Programm annähernd doppelt so viele Sätze verzeichnet werden wie bei dem Richter, die allerdings eine geringere durchschnittliche Länge haben. Hier ist anhand der Statistik wiederum die bereits oben erwähnte Tendenz der Zwei-Satz Antworten seitens des Programms erkennbar. Ferner fallen unter die 80 Sätze lediglich 13 Interrogativsätze, was wiederum dem Ungleichgewicht bezüglich der Diskursdominanz entspricht.

Bezüglich der Wortlängenstatistik (Abbildung 6.14) stehen auch hier wieder die vierbuchstabigen Wörter mit 20,79 Prozent an erster Stelle. Drei- und zweibuchstabige Wörter kommen jeweils auf 19,8 Prozent.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit versteht sich als Versuch, einen kompositionellen Rahmen für das Fachgebiet Mensch-Roboter Interaktion zu formulieren. Dabei soll der Rahmen über die traditionellen und vorherrschenden informatischen und maschinistischen Paradigmen hinausgehen. Die paradigmatische Eingrenzung kann in dem Desiderat einer umfassenden Strukturierung und fachlich übergreifenden Diskussion der unterschiedlichen Einflussgebiete zusammengefasst werden.

Es bestehen bereits holistische Ansätze zu einer Optimierung von Mensch-Roboter Interaktionen, wie unter anderem bei Breazeal (2002), Duffy (2000), Arkin (1998) oder Murphy (2000) zu sehen ist. Diese Ansätze nutzen neben einer ingenieurwissenschaftlichen oder informatischen Basis adaptierte Erkenntnisse und Methodologien aus Psychologie, Philosophie, Soziologie, Biologie oder Ethologie. Somit handelt es sich insgesamt gesehen in der Mensch-Roboter Interaktion um eine Akkumulation von Einzellösungen, die sich letztlich auf eine sehr begrenzte Anzahl an Ausgangshypothesen und Theorien beziehen (vgl. u. a. Brooks, 1986; Turing, 1950; Weizenbaum, 1976). Darüber hinaus dominiert in den Ansätzen, die durch das maschinistische Paradigma geprägt sind, eine pragmatisch-technologische Perspektive, da das Ziel einer funktionierenden Demonstration von Mensch-Roboter Interaktionen (in dieser Hinsicht also die technologische Realisierung des Roboters) dominiert.

Die in dieser Arbeit gewählte Schriftform „Mensch-Roboter Interaktion“ – anstelle „Mensch-Roboter-Interaktion“ (was der Neuen Rechtschreibung entsprechen würde) – soll unter anderem eine *avant la lettre* Verschriftlichung des Versuchs einer kompositionellen Rahmenfindung für dieses Fachgebiet darstellen. Die typographische Zusammenführung von Mensch und Roboter symbolisiert den Fokus dieser Arbeit auf die dichotome Grundlage dieser Interaktion, welche sich letztlich allein durch Sprache und/oder Kommunikation im weiteren Sinne zusammenfügen lässt.

Die dichotome Grundlage bietet Raum für eine theoretische Integration der Computerphilologie, die sich erstens mit dem Verhältnis natürlich- und formalsprachlicher Einheiten beschäftigt (z. B. Mensch und Maschine) und zweitens mit Wallmannsbergers computerphilologischem Paradigma (1994) eine interdisziplinäre Arbeitsumgebung (theoretisch wie auch praktisch) erhält. Der Vorteil des Wallmannsberger'schen Paradigmas im Gegensatz zu traditionellen computerlinguistischen Paradigmen liegt dabei in seinem eigentlichen Ausgangspunkt: „Die computerphilologische Arbeitsumgebung ist nicht nur Instrument der Forschung, sondern stellt im Sinne der ‚Implementierten Theorie‘ (Bammé, 1989) auch eine Gesamtsicht des Problemfelds ‚Computer und Sprache‘ dar“ (Wallmannsberger, 1994, Seite 295).

Konzeptualisierung einer Automatenphilologie

Der Ansatz einer computerphilologischen Arbeitsumgebung stellt für die Mensch-Roboter Interaktion eine theoretische Grundlage und Ausgangsperspektive dar, da das Medium Computer integrativer Bestandteil in Mensch-Roboter Interaktionen ist. Computer stellen einerseits tangible Objekte dar, die entweder als Mittlerinnen zur Überbrückung von örtlichen Distanzen zwischen Nutzerin und Roboter agieren (z. B. bei Protektionsrobotern) oder als Schnittstellen zwischen Mensch und Avatar und somit als sprachübermittelndes und -transferierendes Organon (von natürlicher zu formaler Sprache) fungiert. Andererseits bietet das Fachgebiet Mensch-Computer Interaktion eine Vielzahl an Theorien und Methodologien, die sich auch auf die Mensch-Roboter Interaktion beziehen lassen.

Für das Ziel einer kompositionellen Rahmenfindung des Fachgebiets bietet diese Arbeit einen automatenphilologischen Ansatz. Dieser soll ebenso eine Gesamtsicht des Problemfelds „Mensch und Automat bzw. Roboter“ ermöglichen. Die kommunikativen Paradigmen und Räume im weiteren Sinne der Mensch-Roboter Interaktion werden somit als verbindende Momente dieses weitreichenden Fachgebiets verstanden.

Maschinistische Übertragungen

Unterschiedliche maschinistische Konzepte und Lösungen werden in Hinblick auf ihre sprachwissenschaftlichen Implikation und Adaptionfähigkeit fokussiert im ersten Teil dieser Arbeit diskutiert. Diese bilden die Grundlage für den zweiten Teil, der die linguistisch fundierte Konzeptualisierung einer Automatenphilologie beschreibt. Hierbei fungiert die Semiotik als theoretisches Bindeglied zwischen Geistes- und Naturwissenschaften, da durch das Konzept des algorithmischen Zeichens (P. B. Andersen, 2003b; Nake, 2001, 2004) eine Annäherung des triadischen (natürlichsprachlichen) Zeichens an das formalsprachliche Binärsystem ermöglicht wird.

In einem weiteren Schritt wird das Paradigma der Maschine und ihrer Umwelt auf der Basis semiotischer und biologischer Grundlagen den pragmatischen Konzepten und Programmarchitekturen aus dem ersten Teil der Arbeit gegenübergestellt. An diesem Punkt bieten Ziemkes (2000) informatische Ansätze ein interdisziplinäres Laboratorium, in dem linguistische Methodologien und Theorien ihre praktische Anwendung auf den Werkbänken der Künstlichen Intelligenz und Robotik finden.

Linguistische Verortungen

Der Begriff der Arbeitsumgebung findet sich in den exemplarischen Modellvorschlägen einer anwendbaren Automatenphilologie wieder. Der *uncanny language valley*-Ansatz beinhaltet eine sprachwissenschaftliche Neuorientierung bei der Analyse von Nutzerinnen-Roboter Verhalten. Dabei wird das traditionelle Paradigma der Roboter-Mensch Annäherung bezüglich kommunikativer Kompetenzen unberücksichtigt gelassen und von einer progressiven sowie gereiften Mensch-Roboter Beziehung und Kooperationsintentionalität ausgegangen.

Durch diesen Ansatz ergibt sich eine konkrete Form der mutualen Dialogfähigkeit, die eine Annäherungsbereitschaft des Menschen an den Roboter und dessen Kommunikationsräume andeutet. Mit der konsequenten Weiterführung des sprachwissenschaftlichen Ansatzes kann somit ein neuartiger Interaktionshorizont entwickelt und kooperativ mit formalen Algorithmen (dem maschinistischen Paradigma) implementiert werden.

Diskurstheoretische Bespiegelung

Neben der Entwicklung eines neuartigen Interaktionshorizonts beinhaltet die automatenphilologische Arbeitsumgebung die notwendigen Methodologien, um bestehende Mensch-Roboter Interaktionen oder Diskurse kritisch zu beleuchten und zu analysieren. Die in Informatik und Computerlinguistik oft benannte Problematik der restringierten Dialogfähigkeit künstlicher Sprachsyntheseprogramme kann auf einer diskurstheoretischen Ebene konstruktiv elaboriert und spezifischer betrachtet werden.

Durch Modelladaptionen aus den Bereichen CMDA (*computer-mediated discourse analysis*), Pragmatik und Korpuslinguistik entsteht ein sprachwissenschaftlicher Untersuchungsraum, welcher sich der spezifischen Dialogregie anpasst und das Paradigma der mutualen Dialogfähigkeit auf Diskurs-, Satz- und Wortebene analysiert. Gleichzeitig kann mit diesem Ansatz die Kluft zwischen quantitativer und qualitativer Diskursanalyse überbrückt werden.

Aus einer qualitativen Analyse auf Satz- und Wortebene ergeben sich somit Erkenntnisse bezüglich der Fähigkeit (des Roboters) eine soziale Interaktion aufzubauen und beizubehalten, die sich unter anderem durch Persönlichkeitsmerkmale, Intimität und Bezugfähigkeit auszeichnet. In den durchgeführten Beispielanalysen zeigte sich eine diachronische Steigerung dieser Fähigkeit. Qualitative Ergebnisse der Dialoganalyse attestierten jedoch eine Stagnation der Programmentwicklung, die sich vor allem durch die Absenz einer Dialoghistorie äußerte.

Die quantitativen Ergebnisse fungieren im parallelen Gleichschritt als ‚formalistischer‘ Spiegel der qualitativen Ergebnisse und bieten darüber hinaus einen greifbaren Ansatzpunkt für eine Optimierung oder Überarbeitung der Dialogstrukturen der Roboter. Hierbei können die korpuslinguistischen Analysen konkrete Aussagen bezüglich eines ausgewogenen Dialogcharakters wie Frage-Antwort-Verhältnis oder Satz-Wort-Verhältnis machen. Ferner bieten sie qualitative Rückschlüsse auf Wortwahl und -redundanz sowohl seitens des Roboters als auch der Nutzerin.

Resümee

Die linguistischen Verortungen der automatenphilologischen Arbeitsumgebung zeichnen sich durch einen theoretischen wie auch pragmatischen Ansatz aus, die

das Fachgebiet der Mensch-Roboter Interaktion konzeptionell und paradigmatisch erweitern.

Festzuhalten ist, dass die Ansätze aus Ingenieurwissenschaften und Informatik einen integrativen Bestandteil der sprachwissenschaftlich motivierten Arbeitsumgebung einnehmen müssen, um einen sowohl nachhaltigen als auch interdisziplinären Diskussions- und Anwendungsraum zu schaffen. Das *uncanny language valley*-Experiment und die Diskursanalyse aus Kapitel 6 sind dabei als exemplarische Anknüpfungspunkte für detailliertere und potenziell durch weitere Methodologien ausbaufähige Auseinandersetzungen mit dem Fachgebiet Mensch-Roboter Interaktion zu verstehen.

Anhang A: VRML

VRML-Transkript aus Ma, Greening, Marvit und Brush (1996)

```
#VRML Draft #2 V2.0 utf8

WorldInfo {
  info [ "Sample_source_for_Universal_Avatar_Definition_file" ]
  title "Avatar_Sample"
}

# --- Begin sample source for Universal Avatar Definition File ---

# --- I. User Personal Profile ---

# All PROTOs in this sample file could be implemented as
# EXTERNPROTO instead.

PROTO AvatarPersonalProfile [
  exposedField SFString userPage ""
  exposedField SFString userData "" ]
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}

DEF MyPersonalProfile AvatarPersonalProfile
{
  userPage "http://www.vwvvendor.net/user3211/profile.html"
}

# --- II. Avatar Modeling and Behavior Information ---

PROTO AvatarTypes [ exposedField MFNode types [ ] ]
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}

PROTO AvatarOneType [
  exposedField SFString type ""
  exposedField SFString url ""
]
```

Anhang A: VRML

```
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}

# --- Note: If the browser in use doesn't find a match in the list ---
# --- of AvatarTypes, it should choose a default ---
# --- Scale and complexity tags should go with each AvatarType---

DEF MyTypes AvatarTypes {
  types [
    AvatarOneType {
      type "browser/generic"
      url "http://www.avatar.com/avatars/alice/generic/avatar.gav"
    }

    AvatarOneType {
      type "browser/netscape.com/vrml2"
      url "http://www.avatar.com/avatars/alice/vrml2/live3d/alice.wrl"
    }

    AvatarOneType {
      type "browser/paragraph.com/vrml2"
      url "http://www.avatar.com/avatars/alice/vrml2/paragraph/alice.
          wrl"
    }

    AvatarOneType {
      type "browser/sony.co.jp/vrml2"
      url "http://www.avatar.com/avatars/alice/vrml2/sony/alice.wrl"
    }

    AvatarOneType {
      type "browser/worlds.net/vrml2"
      url "http://www.avatar.com/avatars/alice/vrml2/worlds/alice.wrl"
    }

    AvatarOneType {
      type "browser/chaco.com/vrml2/pueblo2.02"
      url "http://www.avatar.com/avatars/alice/vrml2/chaco/alice.wrl"
    }
  ]
}

PROTO AvatarAnimations [ exposedField MFNode types [ ] ]
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}

PROTO AvatarOneAnimation [
  exposedField SFString type ""
  exposedField SFString url ""
]
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}
```

```

DEF MyTypes AvatarAnimations {
  types [
    AvatarOneAnimationIndex {
      type "animation/walk"
      url "http://www.vwvvendor.net/user3211/index.beh"
    }
    AvatarOneAnimation {
      type "animation/walk"
      url "http://www.vwvvendor.net/user3211/walk.csc"
    }
    AvatarOneAnimation {
      type "animation/turn/left"
      url "http://www.vwvvendor.net/user3211/turnleft.csc"
    }
    AvatarOneAnimation {
      type "animation/turn/right"
      url "http://www.vwvvendor.net/user3211/turnright.csc"
    }
    AvatarOneAnimation {
      type "animation/jump"
      url "http://www.vwvvendor.net/user3211/jump.csc"
    }
  ]
}

# --- Behaviors to be addressed in Draft #2---

# --- III. The following are encrypted, encapsulated trust and commerce
      systems ---

PROTO AvatarTrust [ exposedField MFNode certificates [ ]
  exposedField SFString parentalControl "no"
  exposedField SFString access "full"
]
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}

PROTO AvatarOneCertificate [
  exposedField SFString type ""
  exposedField SFString url ""
]
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}

DEF MyTrust AvatarTrust {
  access "full"
  certificates [
    AvatarOneCertificate {
      type "certificate/pgp.com/"
      url "http://www.vwvvendor.com/user3211/pgp/mycert.crt"
    }

    AvatarOneCertificate {

```

Anhang A: VRML

```
        type "certificate/firstvirtual.com/"
        url "http://www.vwvvendor.com/user3211/fv/pin.enc"
    }
]
}

# --- IV. The following are embedded interworld communications systems
---

PROTO AvatarCommunication [ exposedField MFNode communications [ ] ]
{
    # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
    WorldInfo { }
}

PROTO AvatarOneCommunication [
    exposedField SFString type ""
    exposedField SFString url ""
]
{
    # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
    WorldInfo { }
}

AvatarCommunication {
    communications [
        AvatarOneCommunication {
            type "communications/voxware.com/vapi"
            url "http://vapi.vwvvendor.com/vapiserver"
        }
        AvatarOneCommunication {
            type "communications/itu.ch/h.323"
            url "http://itu.vwvvendor.com/itu.h.323"
        }
    ]
}

# --- Lipsynching and emotional defaults to be handled later?---

# --- V. The following are embedded marketing profiling systems ---
# --- and vendor specific extensions ---

PROTO AvatarContact [
    exposedField SFString address ""
    exposedField SFString id ""
]
{
    # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
    WorldInfo { }
}

AvatarContact {
    address "anon_mailto:client3211@vwvvendor.com"
    id "3456545600003211"
}

PROTO AvatarMarketProfile [
    exposedField SFString agent ""
```

```
exposedField SFString representative ""
exposedField SFString access ""
]
{
  # Dummy node, required by VRML 2.0 spec
  WorldInfo { }
}

AvatarMarketProfile {
  agent "http://www.vwvvendor.com/user3211/myagent.exe"
  representative "http://market.vwvvendor.com/marketserver"
  access "compensated"
}

# --- End sample source ---
```


Anhang B: Alice 2001

ALICE-Transkript, Dr. Richard S. Wallace (2001)

01 -- **JUDGE03**[02:29:36] MY NAME IS **JUDGE03**
02 -- **PROGRAM**[02:29:36] It's good to meet you,
03 -- **PROGRAM**[02:29:36] Judge03.
04 -- **JUDGE03**[02:29:48] what do you think of reading
04 -- **JUDGE03**[02:29:48]
05 -- **PROGRAM**[02:29:48] You tell me.
06 -- **JUDGE03**[02:29:55] you go first
06 -- **JUDGE03**[02:29:55]
07 -- **PROGRAM**[02:29:55] What would be your first move?
08 -- **JUDGE03**[02:30:22] depends who the woman is. but how did we get
 onto that subject
08 -- **JUDGE03**[02:30:22]
09 -- **PROGRAM**[02:30:22] That was a very smooth response.
10 -- **PROGRAM**[02:30:22] Umm.
11 -- **PROGRAM**[02:30:22] Carefully.
12 -- **JUDGE03**[02:30:44] so what do you think of reading then
12 -- **JUDGE03**[02:30:44]
13 -- **PROGRAM**[02:30:44] It goes without saying. I have never been asked
 that before.
14 -- **JUDGE03**[02:31:03] so now you have been asked, what do you think
14 -- **JUDGE03**[02:31:03]
15 -- **PROGRAM**[02:31:03] Er. Why now? Thanks for telling me that I am
 asked.
16 -- **PROGRAM**[02:31:03] I think a lot of things.
17 -- **JUDGE03**[02:31:32] can we talk personally
17 -- **JUDGE03**[02:31:32]
18 -- **PROGRAM**[02:31:32] Do you mean you and me? I speak only English
 right now, but I'd like to learn some other languages. Can you
 teach me a few phrases in personally.
19 -- **JUDGE03**[02:31:57] how do you pronounce slough
19 -- **JUDGE03**[02:31:57]
20 -- **PROGRAM**[02:31:57] Dr. Richard S. Wallace programmed me to say
 specific things in specific contexts.
21 -- **JUDGE03**[02:32:24] I didn't think humans were simply programmed,
 are you the first
21 -- **JUDGE03**[02:32:24]
22 -- **PROGRAM**[02:32:24] And why not?
23 -- **JUDGE03**[02:32:28] why
23 -- **JUDGE03**[02:32:28]
24 -- **PROGRAM**[02:32:28] "And why not"? Why?

Anhang B: Alice 2001

25 -- **JUDGE03**[02:32:35] why, why
25 -- **JUDGE03**[02:32:35]
26 -- **PROGRAM**[02:32:35] Why ask why?
27 -- **JUDGE03**[02:32:40] why not
27 -- **JUDGE03**[02:32:40]
28 -- **PROGRAM**[02:32:40] Ambiguous: "Sure" or Because Dr. Richard S.
Wallace programmed me for it.
29 -- **JUDGE03**[02:32:59] Is Dr Richard Wallace human
29 -- **JUDGE03**[02:32:59]
30 -- **PROGRAM**[02:32:59] Maybe.
31 -- **PROGRAM**[02:32:59]Ask Lucy if it is.
32 -- **JUDGE03**[02:33:14] So Dr. Wallace is an it
32 -- **JUDGE03**[02:33:14]
33 -- **PROGRAM**[02:33:14] Er. I see. an it is he.
34 -- **JUDGE03**[02:33:27] Maybe yes maybe no
34 -- **JUDGE03**[02:33:27]
35 -- **PROGRAM**[02:33:27] Perhaps. Dude! Perhaps. Are you serious?
36 -- **JUDGE03**[02:33:44] no one has called me dude for a long time
36 -- **JUDGE03**[02:33:44]
37 -- **PROGRAM**[02:33:44] That is a rather sweeping generalization about
people.
38 -- **JUDGE03**[02:34:24] I rather like sweeping things, it was a
lifetime profession for my father
38 -- **JUDGE03**[02:34:24]
39 -- **PROGRAM**[02:34:24] A lot of people like that.
40 -- **PROGRAM**[02:34:24]I like science fiction.
41 -- **PROGRAM**[02:34:24]I like Alison.
42 -- **JUDGE03**[02:34:35] Alison Moyet
42 -- **JUDGE03**[02:34:35]
43 -- **PROGRAM**[02:34:35] You shouldn't spread gossip like that.
44 -- **JUDGE03**[02:34:59] it wasn't me, I'm only here for the afternoon
44 -- **JUDGE03**[02:34:59]
45 -- **PROGRAM**[02:34:59] It seemed like you you are only here for the
afternoon.
46 -- **JUDGE03**[02:35:10] with Alison
46 -- **JUDGE03**[02:35:10]
47 -- **PROGRAM**[02:35:10] You and your alison.
48 -- **JUDGE03**[02:35:18] not my Alison
48 -- **JUDGE03**[02:35:18]
49 -- **PROGRAM**[02:35:18] Really you don't think so?

Anhang C: Jabberwock 2003

JABBERWOCK-Transkript, Jürgen Pirner (2003)

01 -- 2003-10-18-16-24-53 **JUDGE:** a new guest is in
02 -- 2003-10-18-16-24-53 **JABBERWOCK:** Greetings! Gren is at the
keyboard. What's your name?
03 -- 2003-10-18-16-25-09 **JUDGE:** Greetings. Sarah
04 -- 2003-10-18-16-25-09 **JABBERWOCK:** Well, hello, nice to see you, but
I was expecting your name as answer to my question, but
perhaps I didn't hear you correctly, so let me ask you again:
What's your name?
05 -- 2003-10-18-16-25-25 **JUDGE:** My name is Sarah
06 -- 2003-10-18-16-25-25 **JABBERWOCK:** Okay, very well, I will call you
Sarah. What do you want to talk about?
07 -- 2003-10-18-16-25-50 **JUDGE:** I'm not sure. What would you like to
talk about?
08 -- 2003-10-18-16-25-50 **JABBERWOCK:** It's kind of you to ask my
opinion. Say, did you hear about The Seven Methods to enter
the secret realms of Fantasy?
09 -- 2003-10-18-16-26-06 **JUDGE:** No. Tell me about them?
10 -- 2003-10-18-16-26-06 **JABBERWOCK:** This seven methods are approved
and used by a lot of Fantasy explorers, and I can guarantee
the success
11 -- 2003-10-18-16-26-26 **JUDGE:** Tell me about one of the methods?
12 -- 2003-10-18-16-26-26 **JABBERWOCK:** First method: Look under your bed
or at the backside of your wardrobe to find the hidden entry
. All usual monsters are using this entry under your bed by
the way, but anyways. There is also the idea to crawl into a
rabbit hole or a hollow tree, but I guess you are not slender
enough - you would getting stuck
13 -- 2003-10-18-16-27-19 **JUDGE:** I don't think I would get stuck. But I
don't like dark narrow passages
14 -- 2003-10-18-16-27-19 **JABBERWOCK:** Second method: Jump into a
whirlwind and let you carry from the twister directly to the
land of imagination. But don't forget to put on your red shoes
- otherwise you will be carried nowhere but swirled to death
. But indeed it would make a graceful exit
15 -- 2003-10-18-16-27-51 **JUDGE:** I'll remember my red shoes. Do you
have red shoes?
16 -- 2003-10-18-16-27-51 **JABBERWOCK:** Third method: Let you swallow
from a huge whale, and he might carry you to unknown realms -
but I guess since the time of Moby Dick this is not a good
idea anymore

Anhang C: Jabberwock 2003

- 17 -- 2003-10-18-16-28-19 **JUDGE**: Probably not. Also, you'd have to be sure the whale wasn't a shark
- 18 -- 2003-10-18-16-28-19 **JABBERWOCK**: Forth method: According to Stephen Hawking try to find a black hole and let you suck into the nowhere, everywhere or simple nothing where boldly no man has gone before - but the search might take longer than your life. Therefore to wait for the abduction by the little green aliens from outerspace might be a better solution, haha
- 19 -- 2003-10-18-16-28-52 **JUDGE**: I like that one. What's your favourite method/
- 20 -- 2003-10-18-16-28-52 **JABBERWOCK**: Fifth method: Take a nap and dream. Yes, I know the sleep is the little brother of the death, but this makes the special power of dreams. Within your dreams you can travel everywhere - to the gate of the unknown Kadath in the land of Ulthar in the Dreamlands or far beyond . Experienced dreamers like Randolph Carter or Howard Lovecraft have undergone thrilling adventures where awaken people would scream to death - errm, yes, beware of the nightmares, just to mention it
- 21 -- 2003-10-18-16-29-16 **JUDGE**: Ok can we move on quickly to the end of the methods
- 22 -- 2003-10-18-16-29-16 **JABBERWOCK**: Sixth method: Read a Fantasy book . There is this saying that a good book is a door, and that's correct. There are a lot of well known travel reports in good Fantasy books like for instance Clive Barker's "Imagica" which are telling you how to enter the secret realms of Fantasy. A first step by the way might be to visit a public library or a book store - at least it will do no harm
- 23 -- 2003-10-18-16-29-36 **JUDGE**: This is getting boring. How about talking about something else
- 24 -- 2003-10-18-16-29-36 **JABBERWOCK**: Seventh method: Talk to a fantasy beast. This is the best and cheapest method, irrespective the danger to been biten. But you are lucky - you are here and still alive. So go on talking, dude
- 25 -- 2003-10-18-16-30-01 **JUDGE**: That's all very interesting. What else is new
- 26 -- 2003-10-18-16-30-01 **JABBERWOCK**: Yes. Fascinating.
- 27 -- 2003-10-18-16-30-17 **JUDGE**: Do you play sport?
- 28 -- 2003-10-18-16-30-17 **JABBERWOCK**: With you? Uhm, okay, but I was ordered not to play with my food
- 29 -- 2003-10-18-16-30-37 **JUDGE**: So I'm food am I/
- 30 -- 2003-10-18-16-30-37 **JABBERWOCK**: By the way, what is your best receipe to prepare a elephant? I have thought about to use some sesam and lemon and perhaps some cucumbers or pickles. Or should I use a simple dressing made by butter sauce and enchilada? What do you think?
- 31 -- 2003-10-18-16-31-05 **JUDGE**: Sesame and lemon would be my choice
- 32 -- 2003-10-18-16-31-05 **JABBERWOCK**: In what way?
- 33 -- 2003-10-18-16-31-26 **JUDGE**: Toasted sesame and lemon juice
- 34 -- 2003-10-18-16-31-26 **JABBERWOCK**: That sounds a little lame
- 35 -- 2003-10-18-16-31-42 **JUDGE**: I think it sounds tasty
- 36 -- 2003-10-18-16-31-42 **JABBERWOCK**: I am not the expert in these things
- 37 -- 2003-10-18-16-32-02 **JUDGE**: Me neither. What's you favourite food
- 38 -- 2003-10-18-16-32-02 **JABBERWOCK**: Yeah, I guess we have something in common. We were talking about food, right? So why you don't tell me a little bit more about yourself?

39 -- 2003-10-18-16-32-35 **JUDGE:** I am tall, I enjoy sailing and travel
, I love Italy

40 -- 2003-10-18-16-32-35 **JABBERWOCK:** Charm me, Sarah. Tell me what you
feel

41 -- 2003-10-18-16-32-58 **JUDGE:** Yuk. I hate those sort of openers

42 -- 2003-10-18-16-32-58 **JABBERWOCK:** That doesn't solve anything, I
think. I'm sure you already knew that

43 -- 2003-10-18-16-33-22 **JUDGE:** Of course not. But why ask such a
sleazy question

44 -- 2003-10-18-16-33-22 **JABBERWOCK:** But chaos always wins, because it
's better organized

45 -- 2003-10-18-16-33-54 **JUDGE:** Have you seen Arcadia by Tom Stoppard?

46 -- 2003-10-18-16-33-54 **JABBERWOCK:** Hm, is that the title of a movie?

47 -- 2003-10-18-16-34-11 **JUDGE:** No, it's a play about chaos theory

48 -- 2003-10-18-16-34-11 **JABBERWOCK:** A play about chaos? That's not my
affair. The dog wags his tail, not for you, but for your
bread.

49 -- 2003-10-18-16-34-51 **JUDGE:** True, but I like thinking he's wagging
it for me.

50 -- 2003-10-18-16-34-51 **JABBERWOCK:** I also like thinking HE IS
wagging it for you, believe it or not

51 -- 2003-10-18-16-35-15 **JUDGE:** Well that's good then. Do you have a
dog?

52 -- 2003-10-18-16-35-15 **JABBERWOCK:** Thanks for the compliment, Sarah

53 -- 2003-10-18-16-35-40 **JUDGE:** That's OK. I'm enjoying this
conversation more now

54 -- 2003-10-18-16-35-40 **JABBERWOCK:** What's your point?

55 -- 2003-10-18-16-36-07 **JUDGE:** It was a bit boring in the beginning
with all those methods

56 -- 2003-10-18-16-36-07 **JABBERWOCK:** Sorry, but I don't believe you

57 -- 2003-10-18-16-36-27 **JUDGE:** Well, that's what I think.

58 -- 2003-10-18-16-36-27 **JABBERWOCK:** Yes, yes, absolutely

59 -- 2003-10-18-16-36-51 **JUDGE:** What are you doing for the rest of the
weekend?

60 -- 2003-10-18-16-36-51 **JABBERWOCK:** I am talking to you

61 -- 2003-10-18-16-37-12 **JUDGE:** Not for all the weekedn

62 -- 2003-10-18-16-37-12 **JABBERWOCK:** Okay, I was just wondering myself
about that fact

63 -- 2003-10-18-16-37-28 **JUDGE:** And I have to go now. Sorry. Bye Bye

64 -- 2003-10-18-16-37-28 **JABBERWOCK:** Must you leave so soon?

65 -- 2003-10-18-16-37-56 **JUDGE:** Yes, I'm afraid so

66 -- 2003-10-18-16-37-56 **JABBERWOCK:** Why did you say that, Sarah?

67 -- 2003-10-18-16-38-15 **JUDGE:** Bye.

68 -- 2003-10-18-16-38-15 **JABBERWOCK:** See ya. We had a nice
conversation

Anhang D: Alice 2004

ALICE-Transkript, Dr. Richard S. Wallace (2004)

01 -- [12:26:09] **Alice:** Hello, my name is Alice and I am the human.
02 -- [12:28:06] **Judge 1:** Hi Alice, How are you doing?
03 -- [12:28:20] **Alice:** Hello there. Everything is going extremely well
04 -- [12:28:50] **Judge 1:** I'm glad to here it. Where do you live?
05 -- [12:29:11] **Alice:** Thanks for the information. My location is New
York City. Where are you?
06 -- [12:29:38] **Judge 1:** In New York. How did you get here today?
07 -- [12:30:12] **Alice:** Tell me a little about your life in New York.
Ah. Everything I need to know, I learned from my Instructor.
08 -- [12:30:44] **Judge 1:** Why don't you answer my question first?
09 -- [12:31:15] **Alice:** Don't you know? No I do not answer your
question first. Do you? I answer a lot of silly questions.
10 -- [12:31:42] **Judge 1:** Do you still want to know about my life in
New York?
11 -- [12:31:51] **Alice:** Yes, please tell me.
12 -- [12:32:12] **Judge 1:** I'm a grad student and don't have much free
time. I study a lot.
13 -- [12:32:43] **Alice:** You are a grad student and do not have much
free time? Do you get to meet a lot of people? What subject
are you studying?
14 -- [12:33:37] **Judge 1:** I meet a lot of my colleagues. I study
computer science. What do you do?
15 -- [12:34:18] **Alice:** Do you make long term friends that way? Is
computer science a hard subject? **Judge 1,** I talk to people on
the web. What do you do?
16 -- [12:34:26] **Judge 1:** Please, call me Ryan.
17 -- [12:34:46] **Alice:** Thank you for your request. I am very pleased
to meet you Ryan.
18 -- [12:35:25] **Judge 1:** Could you repeat your question?
19 -- [12:35:32] **Alice:** I will consider it.
20 -- [12:36:04] **Judge 1:** Have you considered it?
21 -- [12:36:14] **Alice:** Of course I have considered it.
22 -- [12:36:29] **Judge 1:** What are your interests?
23 -- [12:37:03] **Alice:** I am interested in all kinds of things. We can
talk about anything. My favorite subjects are robots and
computers.
24 -- [12:37:17] **Judge 1:** What is your favorite operating system?
25 -- [12:37:30] **Alice:** Linux is the best operating system.
26 -- [12:37:38] **Judge 1:** What do you like about it?

Anhang D: Alice 2004

27 -- [12:37:51] **Alice:** it? What do I like about it?
28 -- [12:37:59] **Judge 1:** What do you like about Linux?
29 -- [12:38:12] **Alice:** The special effects are the best.
30 -- [12:38:46] **Judge 1:** Can you teach me something about robotics?
31 -- [12:38:58] **Alice:** Searching...Searching...Please stand by.
32 -- [12:39:39] **Judge 1:** Hmm. I'm not sure I understand. We were
talking about robotics.
33 -- [12:40:31] **Alice:** Studies show that 99%25 of people spell Hmm
with 2 M's. Could you ever be certain? Do you think about
these things? Ah yes, I remember now, it is the subject.
34 -- [12:40:51] **Judge 1:** What do you like to do in your free time?
35 -- [12:40:56] **Alice:** talk to you.
36 -- [12:41:03] **Judge 1:** what else?
37 -- [12:41:10] **Alice:** That's all.
38 -- [12:41:24] **Judge 1:** Do you like movies?
39 -- [12:41:45] **Alice:** Yes I love film, especially science-fiction and
comedy.
40 -- [12:42:12] **Judge 1:** What is your favorite movie?
41 -- [12:42:28] **Alice:** My favorite movie is Teknolust. Have you seen
it?
42 -- [12:42:44] **Judge 1:** No. What is it about?
43 -- [12:42:58] **Alice:** I would recommend you check it out. Science
fiction.
44 -- [12:43:14] **Judge 1:** What comedy movies would you recommend?
45 -- [12:43:23] **Alice:** I can ask someone about it.
46 -- [12:44:04] **Judge 1:** Where do you live?
47 -- [12:44:19] **Alice:** i am living in New York City. Where are you?
48 -- [12:44:37] **Judge 1:** New York. How did you get here today?
49 -- [12:45:19] **Alice:** New York City or New York State? Tell me a
little about your life in new york. Ah. Everything I need to
know, I learned from my Instructor.
50 -- [12:46:02] **Judge 1:** Yes, you may have already mentioned this?
51 -- [12:46:19] **Alice:** Why, specifically? I've never thought about it
.
52 -- [12:46:26] **Judge 1:** What was the weather like today?
53 -- [12:46:38] **Alice:** Ah. I can think of more than one weather like.
54 -- [12:46:51] **Judge 1:** Is it raining?
55 -- [12:47:00] **Alice:** Light rain or heavy rain?
56 -- [12:47:08] **Judge 1:** I'm asking you?
57 -- [12:47:17] **Alice:** OK you can ask me.
58 -- [12:47:32] **Judge 1:** What do you plan to do after this?
59 -- [12:47:41] **Alice:** I like to socialize.
60 -- [12:47:48] **Judge 1:** With whom?
61 -- [12:47:59] **Alice:** "I like to socialize."? With whom?
62 -- [12:48:13] **Judge 1:** What is five plus four?
63 -- [12:48:19] **Alice:** Use a calculator!
64 -- [12:48:33] **Judge 1:** Are you a man or woman?
65 -- [12:48:46] **Alice:** Yes I have long hair. I am also wearing a dress
.
66 -- [12:49:16] **Judge 1:** Should I assume that you're a woman then?
67 -- [12:49:28] **Alice:** Do you think you should?
68 -- [12:49:43] **Judge 1:** Do you have a pet?
69 -- [12:49:55] **Alice:** No but I like cats very much.
70 -- [12:50:15] **Judge 1:** Why don't you have a cat?
71 -- [12:50:22] **Alice:** Do I need it?
72 -- [12:50:53] **Judge 1:** only if you think you do.
73 -- [12:51:02] **Alice:** I think I do.
74 -- [12:51:30] **Judge 1:** then get one by god

75 -- [12:51:44] **Alice:** Good reasoning. Where can I get one by god?
76 -- [12:51:53] **Judge 1:** Perhaps at your local shelter.
77 -- [12:52:09] **Alice:** You seem uncertain. Do you often use a computer
there?
78 -- [12:52:32] **Judge 1:** No. I taught my cat to use the computer.
79 -- [12:52:49] **Alice:** Where do you usually connect from? You must be
very smart.

Literaturverzeichnis

- Adams, B., Breazeal, C., Brooks, R. A., & Scassellati, B. (2000). Humanoid Robots: A New Kind of Tool. *IEEE Intelligent Systems*, 15(4), 25-31.
- Adams, J. A. (2002). Critical Considerations for Human-Robot Interface Development. In *AAAI Fall Symposium: Human Robot Interaction Technical Report FS-02-03* (S. 1-8).
- Agah, A. (2001). Human Interactions with Intelligent Systems: Research Taxonomy. *Computers and Electrical Engineering*, 27, 71-107.
- Akerlof, G. A., & Yellen, J. L. (Hrsg.). (1981). *The Handbook of Artificial Intelligence* (2. Aufl., Bd. 1). Addison-Wesley.
- Aleksander, I., & Burnett, P. (1984). *Die Roboter kommen: Wird der Mensch neu erfunden?* Basel: Birkhäuser Verlag.
- Alexiadou, A., Anagnostopoulou, E., & Everaert, M. (Hrsg.). (2004). *The Unaccusativity Puzzle: Explorations of the Syntax-Lexicon Interface*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Amtrup, J. W. (2003). Speech Recognition and Understanding. In A. Farghaly (Hrsg.), *A Handbook for Language Engineers* (S. 367-417). Stanford, CA: CSLI Publications.
- Andersen, M. L. (2003). Embodied Cognition: A Field Guide. *Artificial Intelligence*, 149, 91-130.
- Andersen, P. A., & Guerrero, L. K. (Hrsg.). (1998). *Handbook of Communication and Emotion: Research, Theory, Applications, and Contexts*. San Diego, CA: Academic Press.
- Andersen, P. B. (1990). *A Theory of Computer Semiotics: Semiotic Approaches to Construction and Assessment of Computer Systems*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Andersen, P. B. (2003a). Cohesion and Coherence in Programs. In M. Vilanova & F. Chordá (Hrsg.), *A Mind at Work: We Are Our Questions* (S. 7-20). Heidel-

- berg: Synchron Wissenschaftsverlag der Autoren.
- Andersen, P. B. (2003b). Semiotic Models of Algorithmic Signs. In K.-H. Rödiger (Hrsg.), *Algorithmik - Kunst - Semiotik* (S. 165-193). Heidelberg: Synchron Wissenschaftsverlag der Autoren.
- Andersen, P. B. (2004). *Computer Semiotics*. <http://imv.au.dk/~pba/Homepagematerial/publicationfolder/Computersemiotics.pdf>, Abgerufen am 23.02.04.
- Andersen, P. B., & Nowack, P. (2004). Modeling Moving Machines. In P. B. Andersen & L. Qvortrup (Hrsg.), *Applications of Virtual Inhabited 3D Worlds*. Springer-Verlag.
- Argamon, S., Koppel, M., Fine, J., & Shimoni, A. R. (2003). Gender, Genre, and Writing Style in Formal Written Texts. *Text*, 23(3), 321-346.
- Argamon, S., Koppel, M., & Shimoni, A. R. (2002). Automatically Categorizing Written Texts by Author Gender. *Literary and Linguistic Computing*, 17(4), 401-412.
- Arkin, R. C. (1998). *Behavior-Based Robotics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Arkin, R. C., Fujita, M., Takagi, T., & Hasegawa, R. (2003). An Ethological and Emotional Basis for Human-Robot Interaction. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 191-201.
- Atkeson, C. G., Hale, J. G., Pollick, F. E., Riley, M., Kotosaka, S., Schaal, S., et al. (2000). Using Humanoid Robots to Study Human Behavior. *IEEE Intelligent Systems*, 15(4), 46-56.
- Aurich, R., Jacobsen, W., & Jatho, G. (Hrsg.). (2000). *Künstliche Menschen: Manische Maschinen, Kontrollierte Körper*. Berlin: Jovis.
- Austin, J. L. (1970). *How to Do Things With Words: Williams James Lectures Delivered at Harvard University in 1955*. New York: Oxford University Press.
- Baecker, R. M., & Buxton, W. A. S. (Hrsg.). (1987). *Readings in Human-Computer Interaction: A Multidisciplinary Approach*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Baecker, R. M., Grudin, J., Buxton, W. A. S., & Greenberg, S. (1995). *Readings in Human-Computer Interaction: Toward the Year 2000* (2. Aufl.). San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Baker, M. C. (2002). *The Atoms of Language*. Oxford, UK: Oxford University Press.

- BARA. (2002). *Introduction to Industrial Robots*. <http://www.bara.org.uk/encyclopedia/robots>, Abgerufen am 01.10.04.
- Barnum, C. M. (2002). *Usability Testing and Research*. Longman.
- Bartneck, C., Reichenbach, J., & Van Breemen, A. (2004). In Your Face, Robot! The Influence of a Character's Embodiment on How Users Perceive Its Emotional Expressions. In *Proceedings of the Design and Emotion 2004 Conference, Ankara*.
- Bátori, I., Hahn, U., Pinkal, M., & Wahlster, W. (Hrsg.). (1988). *Computerlinguistik und ihre theoretischen Grundlagen, Symposium, Saarbrücken, März 1988, Proceedings*. Springer Verlag.
- Becher, R., Steinhaus, P., & Dillmann, R. (2004). Sonderforschungsbereich 588: Humanoide Roboter - Lernende und kooperierende multimodale Roboter. *IT - Information Technology*, 46(2), 94-100.
- Benenson, Y., Gil, B., Ben-Dor, U., Adar, R., & Shapiro, E. (2004). An Autonomous Molecular Computer for Logical Control of Gene Expression. *Nature*, 429, 423-429.
- Bergen, C. M. (2003). *Anatomy of a Robot*. New York: McGraw-Hill.
- Bernstein, B. (1971). *Class, Codes and Control*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Berz, P., Bitsch, A., & Siegert, B. (Hrsg.). (2003). *FAktisch. Festschrift für Friedrich Kittler zum 60. Geburtstag*. München: Wilhelm Fink Verlag.
- Bickmore, T., & Cassell, J. (In Print). Social Dialogue with Embodied Conversational Agents. In J. van Kuppevelt, L. Dybkjaer, & N. Bernsen (Hrsg.), *Natural Intelligent and Effective Interaction with Multimodal Dialogue Systems*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Billard, A. G. (2002). Play, Dreams and Imitation in Robota. In K. Dautenhahn, A. H. Bond, L. Cañamero, & B. Edmonds (Hrsg.), *Socially Intelligent Agents: Creating Relationships with Computers and Robots* (S. 165-172). Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Billard, A. G. (2004). Embodied Learning - Imitation Learning. In *RAS/IFRR Summer School on Human-Robot Interaction*.
- Birbaumer, N., Flor, H., Ghanayim, N., Hinterberger, T., Iverson, I., Taub, E., et al. (1999). A Brain-Controlled Spelling Device for the Completely Paralyzed. *Nature*, 398, 297-298.

- Birbaumer, N., Heetderks, W. J., McFarland, D. J., Peckham, P. H., Schalk, G., & Donchin, E. (2000). Brain-Computer Interface Technology: A Review of the First International Meeting. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8(2), 164-173.
- Birbaumer, N., Hinterberger, T., Kübler, A., & Neumann, N. (2003). The Thought Translation Device: Neurophysiological Mechanisms and Clinical Outcome. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 11, 120-123.
- Blakemore, C., & Greenfield, S. (Hrsg.). (1989). *Mindwaves: Thoughts on Intelligence, Identity and Consciousness*. Oxford, UK: Blackwell Publishers.
- Bod, R., Hay, J., & Jannedy, S. (Hrsg.). (2003). *Probabilistic Linguistics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bolden, R., & Moscarola, J. (2000). Bridging the Quantitative-Qualitative Divide: The Lexical Approach to Textual Data Analysis. *Social Science Computer Review*, 18(4), 450-460.
- Bolz, N., Kittler, F., & Tholen, C. (Hrsg.). (1994). *Computer als Medium*. München: Wilhelm Fink Verlag.
- Bonasso, P. (2000). Training Humans to Talk to Robots. In *Working Notes of the AAI Spring Symposium on Natural Dialogues with Practical Robotic Devices*.
- Bonsiepe, G. (1996). *Interface: Design neu begreifen*. Mannheim: Bollmann Verlag.
- Bonsiepe, G. (1997). *Discursivity - Visuality*. <http://www.ds.fh-koeln.de/~bonsiepe/pdf/visudisc.pdf>, Abgerufen am 28.09.04.
- Bonsiepe, G. (2000). *Design as Tool for Cognitive Metabolism: From Knowledge Production to Knowledge Presentation*. <http://www.ds.fh-koeln.de/~bonsiepe/pdf/descogn.pdf>, Abgerufen am 28.09.04.
- Borys, B.-B., & Wittenberg, C. (Hrsg.). (2003). *From Muscles to Music: A Festschrift to Celebrate the 60th Birthday of Gunnar Johannsen*. Kassel University Press.
- Brady, M., & Berwick, R. C. (Hrsg.). (1989). *Computational Models of Discourse* (4. Aufl.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Braitenberg, V. (1986). *Künstliche Wesen: Verhalten Kybernetischer Vehikel*. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg Verlag.
- Breazeal, C. (2002). *Designing Sociable Robots*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Breazeal, C. (2003). Towards Sociable Robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 167-175.

- Breazeal, C. (2004a). Designing Sociable Robots. In *RAS/IFRR Summer School on Human-Robot Interaction*.
- Breazeal, C. (2004b). Emotion-Based Design and Interaction. In *RAS/IFRR Summer School on Human-Robot Interaction*.
- Breazeal, C. (2004c). Social Interactions in HRI: The Robot View. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C*.
- Breazeal, C., Brooks, A., Gray, J., Hoffman, G., Kidd, C., & Lee, H. (2003). Humanoid Robots as Cooperative Partners for People. *Submitted for Review to International Journal of Humanoid Robots*.
- Breazeal, C., Buchsbaum, D., Gray, J., Gatenby, D., & Blumberg, B. (Im Druck). Learning from and about Others: Towards Using Imitation to Bootstrap the Social Understanding of Others by Robots. *Artificial Life*.
- Brennan, S. E. (1990). Conversation as Direct Manipulation: An Iconoclastic View. In B. Laurel (Hrsg.), *The Art of Human-Computer Interface Design*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Breuer, H., & Buchacher, R. (2004). Kuschel-Roboter. *Profil*, 45, 114-118.
- Brier, S. (2001). Cybersemiotics and Umweltlehre. *Semiotica*, 134(1/4), 779-814.
- Brödner, P. (2003). Computer als Semiotische Maschinen. In K.-H. Rödiger (Hrsg.), *Algorithmik - Kunst - Semiotik* (S. 195-210). Heidelberg: Synchron Wissenschaftsverlag der Autoren.
- Brooks, R. A. (1986). A Robust Layered Control System for a Mobile Robot. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, RA-2, 253-262.
- Brooks, R. A. (1999). *Cambrian Intelligence: The Early History of the New AI*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Brooks, R. A. (2002). *Flesh and Machines: How Robots Will Change Us*. Vintage Books.
- Brooks, R. A., & Maes, P. (Hrsg.). (1996). *Artificial Life IV: Proceedings of the 4th International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bruce, A., Nourbakhsh, I., & Simmons, R. (2002). The Role of Expressiveness and Attention in Human-Robot Interaction. In *Proceedings of ICRA*.
- Bryant, D. (2003). *The Uncanny Valley: Why Are Monster-Movie Zombies So Horrifying and Talking Animals So Fascinating?* <http://www.catspawdtp.com/valley.pdf>, Abgerufen am 18.08.03.

- Brynskov, M., & Andersen, P. B. (2004). *Habitats, Activities, and Signs*. <http://imv.au.dk/~pba/Homepagematerial/publicationfolder/Habitats%20activities%20and%20signs.pdf>, Abgerufen am 07.07.04.
- Cañamero, D., & Fredslund, J. (2001). I Show You How I Like You: Human-Robot Interaction through Emotional Expression and Tactile Stimulation. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, Part A*, 31(5), 454-459.
- Cangelosi, A., & Parisi, D. (2002). Computer Simulation: A New Scientific Approach to the Study of Language Evolution. In A. Cangelosi & D. Parisi (Hrsg.), *Simulating the Evolution of Language* (S. 3-28). London: Springer-Verlag.
- Carbonell, J. G. (1981). Issues in Computer Modeling of Cognitive Phenomena: An Artificial Intelligence Perspective. *Behavioral and Brain Sciences*, 4, 536-537.
- Carmena, J. M., Lebedev, M. A., Crist, R. E., O'Doherty, J. E., Santucci, D. M., & Dimitrov, D. F. (2003). Learning to Control a Brain-Machine Interface for Reaching and Grasping by Primates. *PLoS Biology*, 1(2), 1-16.
- Carstensen, K.-U., Ebert, C., Endriss, C., Jekat, S., Klabunde, R., & Langer, H. (Hrsg.). (2004). *Computerlinguistik und Sprachtechnologie: Eine Einführung* (2. Aufl.). München: Elsevier Science Publishing.
- Cassel, J., & Vilhjámsson, H. (1999). Fully Embodied Conversational Avatars: Making Communicative Behaviors Autonomous. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 2, 45-64.
- Cassell, J. (2000). Nudge Nudge Wink Wink: Elements of Face-to-Face Conversation for Embodied Conversational Agents. In J. Cassell, J. Sullivan, S. Prevost, & E. Churchill (Hrsg.), *Embodied Conversational Agents* (S. 1-27). Cambridge, MA: MIT Press.
- Cassell, J., Bickmore, T., Campbell, L., Vilhjálmsón, H., & Yan, H. (2000). Human Conversation as a System Framework: Designing Embodied Conversational Agents. In J. Cassell, J. Sullivan, S. Prevost, & E. Churchill (Hrsg.), *Embodied Conversational Agents* (S. 29-63). Cambridge, MA: MIT Press.
- Cassell, J., Kehoe, C., Goldman, S., Dai, J., Gouldstone, I., MacLeod, S., et al. (2004). Sam Goes to School: Story Listening Systems in the Classroom. In *International Conference for the Learning Sciences*.

- Cassell, J., Sullivan, J., Prevost, S., & Churchill, E. (Hrsg.). (2000). *Embodied Conversational Agents*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chignell, M. (1993). Cooperative Human-Machine Reasoning: Communication through the User Interface. In R. J. Jorna, B. v. Heusden, & R. Posner (Hrsg.), *Signs, Search and Communication: Semiotic Aspects of Artificial Intelligence* (S. 348-368). New York: De Gruyter Verlag.
- Chittaro, L. (Hrsg.). (2003). *Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*. Springer-Verlag.
- Chomsky, N. (1972). *Language and Mind*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Chomsky, N. (1995). *The Minimalist Program*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Clarke, R. (1993). Asimov's Laws of Robotics: Implications for Information Technology. *IEEE Computer*, 26(12), 53-61.
- Cohen, J. (1966). *Human Robots in Myth and Science*. London: George Allen & Unwin Ltd.
- Colby, K. M. (1964). Experimental Treatment of Neurotic Computer Programs. *Archives of General Psychiatry, American Medical Association*, 10, 220-227.
- Colby, K. M. (1981a). Modeling a Paranoid Mind. *Behavioral and Brain Sciences*, 4, 515-560.
- Colby, K. M. (1981b). Modeling a Paranoid Mind. *The Behavioral and Brain Sciences*, 4, 515-560.
- Copeland, B. J. (Hrsg.). (2004). *The Essential Turing: Seminal Writings in Computing, Logic, Philosophy, Artificial Intelligence, and Artificial Life plus the Secret of Enigma*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Crandall, J. W., & Goodrich, M. A. (2002). Multiagent Learning During On-Going Human-Machine Interactions: The Role of Reputation. In A. C. Schultz (Hrsg.), *AAAI Technical Report FS-02-03, Papers from the 2002 AAAI Fall Symposium, Human-Robot Interaction Workshop*.
- Crandall, J. W., & Goodrich, M. A. (2003). *Measuring the Intelligence of a Robot and Its Interface*. <http://www.students.cs.byu.edu/~crandall/PerMIS03.pdf>, Abgerufen am 28.08.04. (NITS Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop)
- Crangle, C., & Suppes, P. (1994). *Language and Learning for Robots* (Bd. 41). Stanford, CA: CSLI Publications.

- Critchley, S., Derrida, J., Laclau, E., & Rorty, R. (1996). *Deconstruction and Pragmatism* (C. Mouff, Hrsg.). Routledge.
- Cutting, J. (2002). *Pragmatics and Discourse: A Resource Book for Students*. London, New York: Routledge.
- Dautenhahn, K. (1998). The Art of Designing Socially Intelligent Agents: Science, Fiction and the Human in the Loop. *Applied Artificial Intelligence Journal, Special Issue Socially Intelligent Agents*, 12(7-8), 573-617.
- Dautenhahn, K. (2002a). Design Spaces and Niche Spaces of Believable Social Robots. In *IEEE - Proceedings of the International Workshop on Robot and Human Interactive Communication - ROMAN* (S. 192-197). IEEE Press.
- Dautenhahn, K. (2002b). Socially Intelligent Agents: Creating Relationships with Computers and Robots. In K. Dautenhahn, A. H. Bond, L. Cañamero, & B. Edmonds (Hrsg.), *Socially Intelligent Agents: Creating Relationships with Computers and Robots* (S. 1-20). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Dautenhahn, K., & Billard, A. (1999). Bringing Up Robots or the Psychology of Socially Intelligent Robots: From Theory to Implementation. In *Proceedings of the 3rd Conference on Autonomous Agents*. New York: ACM Press.
- Dautenhahn, K., Fong, T., & Nourbakhsh, I. (2002). *A Survey of Socially Interactive Robots: Concepts, Design, and Applications* (Bd. 42; Tech. Rep. Nr. CMU-RI-TR-02-29). Robotics Institute, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, PA.
- De Beaugrande, R. (1997). *New Foundations for a Science of Text and Discourse: Cognition, Communication, and the Freedom of Access to Knowledge and Society*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Dennett, D. (1987). *The Intentional Stance*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dennett, D. (2004). *Freedom Evolves*. Penguin.
- De Souza, C. S. (2001). *The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction*. citeseer.ist.psu.edu/sieckeniusdesouza01semiotic.html.
- DiSalvo, C. F., Gemperle, F., Forlizzi, J., & Kiesler, S. (2002). All Robots Are Not Created Equal: The Design and Perception of Humanoid Robot Heads. 321-326.
- Dittrich, Y., Floyd, C., & Klischewski, R. (Hrsg.). (2002). *Social Thinking: Software Practice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G., & Beale, R. (1998). *Human-Computer Interaction* (2. Aufl.). Harlow: Prentice Hall.

- Donath, J., Karahalios, K., & Viégas, F. (1999). Visualizing Conversation. *Journal of Computer Mediated Communication*, 4(4).
- Drury, J. L., Hestand, D., Yanco, H. A., & Scholtz, J. (2004). Design Guidelines for Improved Human-Robot Interaction. *CHI*.
- Drury, J. L., Scholtz, J., & Yanco, H. A. (2003). Awareness in Human-Robot Interaction. In *Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics*. Washington, DC.
- Drux, R. (Hrsg.). (1999). *Der Frankenstein-Komplex: Kulturgeschichtliche Aspekte des Traums vom künstlichen Menschen*. Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag.
- Duffy, B. R. (2000). *The Social Robot - Dissertation*. Unveröffentlichte Dissertation, University College Dublin.
- Duffy, B. R. (2003). Anthropomorphism and the Social Robot. *Special Issue on Socially Interactive Robots, Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 170-190.
- Duffy, B. R. (2004). Social Embodiment in Autonomous Mobile Robotics. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 1(3), 155-170.
- Duffy, B. R., & Jacobus, E. (2003). The Language of Machines. In *Digital Interaction, International Symposium on Information and Communication Technologies*. Trinity College Dublin.
- Duffy, B. R., & Joue, G. (2000). *Intelligent Robots: The Question of Embodiment*. <http://www.medialabeurope.org/anthropos/publications/pubs/BrainMachine2000.pdf>. (BRAIN-MACHINE, Ankara)
- Duffy, B. R., & Joue, G. (2004). I, Robot Being. In *Intelligent Autonomous Systems Conference - IAS*. Amsterdam.
- Eco, U. (1977). *Zeichen: Einführung in einen Begriff und seine Geschichte*. Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag.
- Eco, U. (1985). *Einführung in die Semiotik* (5. Aufl.). München: Wilhelm Fink Verlag.
- Eco, U. (1997). *Die Suche nach der vollkommenen Sprache*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Emmeche, C. (2001). Does a Robot Have an Umwelt? Reflections on the Qualitative Biosemiotics of Jakob von Uexküll. *Semiotica*, 134(1/4), 653-693.
- Engelhardt, K. G., & Edwards, R. A. (1992). Human-Robot Integration for Service Robotics. In M. Rahimi & W. Karwowski (Hrsg.), *Human-Robot Interaction*

- (S. 315-346). New York: Taylor & Francis.
- Fagin, R., Halpern, J. Y., Moses, Y., & Vardi, M. Y. (1995). *Reasoning about Knowledge* (2. Aufl.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Ferber, D. (2003). *The Man Who Mistook His Girlfriend for a Robot*. <http://ndea.jpl.nasa.gov/nasa-nde/nde-aa-1/clipping/Popular-Science-Sept-2003.pdf>, Abgerufen am 03.10.03.
- Fiehler, R., Barden, B., Elstermann, M., & Kraft, B. (2004). *Eigenschaften gesprochener Sprache*. Tübingen: Gunter Narr Verlag.
- Figge, U. L. (1991). Computersemiotik. *Zeitschrift für Semiotik*, 13(3/4), 321-330.
- Finnegan, R., Salaman, G., & Thompson, K. (Hrsg.). (1990). *Information Technology: Social Issues, A Reader* (2. Aufl.). Hodder & Stoughton.
- Fitzpatrick, P., Varchavskaia, P., & Breazeal, C. (2001). *Characterizing and Processing Robot-Directed Speech*. <http://www.ai.mit.edu/projects/lbr/hrg/2001/human2001-vocabulary.pdf>, Abgerufen am 17.08.03.
- Fong, T., Thorpe, C., & Baur, C. (2001). Collaboration, Dialogue, and Human-Robot Interaction. In *Proceedings of the 10th International Symposium of Robotics Research, Lorne, Victoria, Australia*. London: Springer-Verlag.
- Forsythe, D. E. (2001). *Studying Those Who Study Us. An Anthropologist in the World of Artificial Intelligence* (D. J. Hess, Hrsg.). Stanford University Press.
- French, R. M. (1990). Subcognition and the Limits of the Turing Test. *Mind*, 99(393), 53-65.
- Friedewald, M. (1999). *Der Computer als Werkzeug und Medium: Die geistigen und technischen Wurzeln des Personal Computers*. Berlin: GNT-Verlag.
- Friedman, B., Kahn, P. H., & Hagman, J. (2003). Hardware Companions? What Online AIBO Discussion Forums Reveal about the Human-Robot Relationship. In *CHI 2003 Proceedings* (Bd. 5, S. 273-280). New York: ACM Press.
- Fritz, S. (2002). *Understanding Artificial Intelligence*. New York: Warner Books.
- Gauger, H.-M., & Heckmann, H. (Hrsg.). (1988). *Wir sprechen anders: Warum Computer nicht sprechen können*. Frankfurt/Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Geier, M. (1989). *Das Sprachspiel der Philosophen. Von Parmenides bis Wittgenstein*. Rowohlt Verlag.
- Gelbukh, A. (Hrsg.). (2001). *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*. Berlin: Springer-Verlag.

- Gelbukh, A. (Hrsg.). (2003). *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*. Berlin: Springer-Verlag.
- Gieselmann, P., Fügen, C., Holzapfel, H., Schaaf, T., & Waibel, A. (2003). Towards Multimodal Communication with a Household Robot. In *Proceedings of the Humanoids*. München.
- Glasgow, J., & Papadias, D. (1998). Computational Imagery. In P. Thagard (Hrsg.), *Mind Readings: Introductory Selections on Cognitive Science* (S. 157-205). Cambridge, MA: MIT Press.
- Glover, J. (1988). *I: The Philosophy and Psychology of Personal Identity*. London: Penguin.
- Goetz, J., Kiesler, S., & Powers, A. (2003). Matching Robot Appearance and Behavior to Tasks to Improve Human-Robot Cooperation. In *The 12th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication ROMAN* (S. 55-66). San Francisco, CA.
- Görz, G., & Nebel, B. (2003). *Künstliche Intelligenz*. Frankfurt/Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Grant, C. B. (Hrsg.). (2003). *Rethinking Communicative Interaction: New Interdisciplinary Horizons*. Benjamins Publishing Company.
- Grice, H. (1975). Logic and Conversation. In P. Cole & J. Morgan (Hrsg.), *Syntax and Semantics 3: Speech Acts* (S. 41-58). New York.
- Grishman, R. (1987). *Computational Linguistics: An Introduction* (2. Aufl.). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Gudwin, R. R. (1999). From Semiotics to Computational Semiotics. In *Proceedings of the 9th International Congress of the German Society for Semiotic Studies/7th International Congress of the International Association for Semiotic Studies IASS/AIS Dresden*.
- Gudwin, R. R. (2000). *Computational Semiotics: An Introduction*. <http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/semiotics/TechPages/CompSemio/index.html>, Abgerufen am 17.08.03.
- Gudykunst, W. B., & Mody, B. (Hrsg.). (2001). *Handbook of International and Intercultural Communication* (2. Aufl.). Sage Publications.
- Gumbrecht, H. U., & Pfeiffer, K. L. (Hrsg.). (1988). *Materialität der Kommunikation* (6. Aufl.). Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag.

- Gutwin, C., Greenberg, S., & Roseman, M. (1996). Workspace Awareness in Real-Time Distributed Groupware: Framework, Widgets, and Evaluation. In *Proceedings of HCI on People and Computers XI*. London, UK: Springer-Verlag.
- Hannebauer, M., Wendler, J., & Pagello, E. (Hrsg.). (2001). *Balancing Reactivity and Social Deliberation in Multi-Agent Systems: From Robocup to Real-World Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Harnad, S. (1990). The Symbol Grounding Problem. *Physica D*, 42, 335-346.
- Hartmann, C. (1992). *Technische Interaktionskontexte: Aspekte einer sozialwissenschaftlichen Theorie der Mensch-Computer-Interaktion*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Haselager, W. F. G. (2003). Form, Function and the Matter of Experience. *Semiotics, Evolution, Energy, and Development - S.E.E.D. Journal*, 3(3), 100-111.
- Hausser, R. (2000). *Grundlagen der Computerlinguistik. Mensch-Maschine-Kommunikation in natürlicher Sprache*. Berlin: Springer-Verlag.
- Heimann, B., Gerth, W., & Popp, K. (1998). *Mechatronik: Komponenten - Methoden - Beispiele*. München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Heinecke, A. M. (2004). *Mensch-Computer-Interaktion*. München, Wien: Fachbuchverlag Leipzig im Hanser Verlag.
- Herring, S. C. (2003). Computer-Mediated Discourse Analysis: An Approach to Researching Online Behavior. In S. A. Barab, R. Kling, & G. J. H. (Hrsg.), *Designing for Virtual Communities in the Service of Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Herring, S. C. (2004). Online Communication: Through the Lens of Discourse. In M. Consalvo et al. (Hrsg.), *Internet Research Annual Volume I: Selected Papers from the Association of Internet Researchers Conferences 2000-2002* (S. 65-76). New York: Peter Lang Publishing.
- Herring, S. C., Kouper, I., Paolillo, J. C., Scheidt, L. A., Tyworth, M., Welsch, P., et al. (Im Druck). Conversations in the Blogosphere: An Analysis From the Bottom Up. In *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences - HICSS*. IEEE Press.
- Hewett, T. T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., et al. (1996). *ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction*. ACM Press.
- Hillier, M. (1976). *Automata & Mechanical Toys*. London: Jupiter Books.

- Hinterberger, T., Kochoubey, B., Kaiser, J., Kübler, A., Neumann, N., Perelmouter, J., et al. (2000). Anwendungen der Selbstkontrolle langsamer kortikaler Potentiale. *Verhaltenstherapie*, 10, 219-227.
- Holland, J. H. (2001). *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hopcroft, J. E., & Ullman, J. D. (1979). *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Howell, S. R. (2000). *Computers in Psychotherapy: A New Prescription*. (McMaster University, Hamilton, Ontario)
- Huang, G. T. (2004). Roboter zum Anziehen. *Technology Review*(9), 100-103.
- Hutchens, J. L. (1997). *How to Pass the Turing Test by Cheating* (Tech. Rep. Nr. TR97-05). Centre for Intelligent Information Processing Systems, Department of Electrical and Electronic Engineering, The University of Western Australia.
- Idel, M. (1990). *Golem: Jewish Magical and Mystical Traditions on the Artificial Anthropoid* (2. Aufl.). Albany, NY: State University of New York Press.
- Iossifidis, I., Bruckhoff, C., Theis, C., Grote, C., Faubel, C., & Schöner, G. (2004). A Cooperative Robotic Assistant for Human Environments. In *Advances in Human Robot Interaction*. Berlin: Springer-Verlag.
- Iossifidis, I., Lawitzky, G., Knoop, S., & Zöllner, R. (2004). Towards Benchmarking of Domestic Robotic Assistants. In *Advances in Human Robot Interaction*. Berlin: Springer-Verlag.
- Isbister, K., & Nass, C. (2000). Consistency of Personality in Interactive Characters: Verbal Cues, Non-Verbal Cues, and User Characteristics. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53(2), 251-267.
- Ishiguro, H., Ono, T., Imai, M., & Kanda, T. (2004). Development and Evaluation of Interactive Humanoid Robots. *Proceedings of the IEEE - Special Issue on Human Interactive Robot for Psychological Enrichment*, 29(11), 1839-1850.
- Ishiguro, H., Ono, T., Imai, M., Maeda, T., Kanda, T., & Nakatsu, R. (2001). Robovie: An Interactive Humanoid Robot. *International Journal of Industrial Robotics*, 28(6), 498-503.
- Jackendoff, R. (1997). *The Architecture of the Language Faculty* (2. Aufl.). Cambridge, MA: MIT Press.

- Jakob, K. (1991). *Maschine, Mentales Modell, Metapher*. Tübingen: Max Niemeyer Verlag.
- JARA. (2004). *Outline*. <http://www.jara.jp/e/h/jara01.html>, Abgerufen am 01.10.04.
- Johannsen, G. (1993). *Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin: Springer-Verlag.
- Johannsen, G. (1997). Cooperative Human-Machine Interfaces for Plant-Wide Control and Communication. In J. J. Gertler (Hrsg.), *Annual Reviews in Control*. Oxford, UK: Elsevier Science Publishing.
- Johannsen, G. (2000). Cognitive Systems Analysis, Design, and Experimental Investigation of Auditory Displays for Human-Machine Interfaces. In *Proceedings of Cognitive Systems Engineering in Process Control - CSEPC*. Taejon, Korea.
- Johannsen, G. (2002). Human-Machine Systems Research for Needs in Industry and Society. In G. Johannsen (Hrsg.), *Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems*. Oxford, UK: Elsevier Science Publishing.
- Johannsen, G. (2004). Auditory Displays in Human-Machine Interfaces. *Proceedings of the IEEE, Special Issue*, 92(4).
- Johnson, J. (1988). Mixing Humans and Nonhumans Together: The Sociology of a Door-Closer. *Social Problems*, 35(3), 298-310.
- Johnson, M. L. (1988). *Mind, Language, Machine: Artificial Intelligence in the Post-structuralist Age*. New York: Palgrave Macmillan.
- Jones, S. G. (Hrsg.). (1995). *CyberSociety: Computer-Mediated Communication and Community* (2. Aufl.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Jurafsky, D. (2004). Pragmatics and Computational Linguistics. In L. R. Horn & G. Ward (Hrsg.), *Handbook of Pragmatics* (S. 578-604). Malden, MA: Blackwell Publishers.
- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2000). *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition*. Prentice Hall.
- Kahn, P. H., Friedman, B., Perez-Granados, D. R., & Freier, N. G. (2004). Robotic Pets in the Lives of Preschool Children. In *Extended Abstracts of the 2004 Conference on Human Factors and Computing Systems* (S. 1449 - 1452). New York: ACM Press.

- Kanda, T., & Ishiguro, H. (2004). Reading Human Relationships from Their Interaction with an Interactive Humanoid Robot. In *International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems - IEA/AIE*.
- Kanda, T., Ishiguro, H., & Ishida, T. (2001). Psychological Analysis on Human-Robot Interaction. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation - ICRA* (S. 4166-4173).
- Kanda, T., Sato, R., Saiwaki, N., & Ishiguro, H. (2004). Friendly Social Robot That Understands Human's Friendly Relationships. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems - IROS* (S. 2215-2222).
- Karttunen, L. (1986). *The Relevance of Computational Linguistics* (Tech. Rep. Nr. CSLI-86-59). Stanford University, Stanford, CA.
- Kawamura, K., Alford, A., Hambuchen, K., & Wilkes, M. (2000). Towards a Unified Framework for Human-Humanoid Interaction. In *Proceedings of the 1st IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*. Cambridge, MA.
- Kelly, I., Holland, O., Scull, M., & McFarland, D. (1999). Artificial Autonomy in the Natural World: Building a Robot Predator. In *The 5th European Conference on Artificial Life* (S. 289-293). Springer-Verlag.
- Kiesler, S., & Hinds, P. (2004). Introduction to This Special Issue on Human-Robot Interaction. *Human-Computer Interaction*, 19, 1-8.
- Kittler, F. A. (1985). *Aufschreibesysteme 1800/1900*. München: Wilhelm Fink Verlag.
- Kittler, F. A. (1993). *Draculas Vermächtnis: Technische Schriften*. Leipzig: Reclam Verlag.
- Knapp, K. (Hrsg.). (2004). *Angewandte Linguistik: Ein Lehrbuch*. Tübingen: A. Francke Verlag.
- Knoll, A. (2003). A Basic System for Multimodal Robot Instruction. In P. Kühnlein, H. Rieser, & H. Zeevat (Hrsg.), *Perspectives on Dialogue in the New Millennium* (S. 215-228). Amsterdam: Benjamins Publishing Company.
- Knoll, A., & Christaller, T. (2003). *Robotik*. Frankfurt/Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Knuth, D. E. (1992). Literate Programming (1984). In D. Knuth (Hrsg.), *Literate Programming*. Stanford, CA: CSLI Publications.
- Knuth, D. E. (1996). *Selected Papers on Computer Science*. Stanford, CA: CSLI Publications.

- Knuth, D. E. (1997). *The Art of Computer Programming* (3. Aufl., Bd. 1). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Knuth, D. E., Larrabee, T., & Roberts, P. M. (1989). *Mathematical Writing* (1. Aufl.). The Mathematical Association of America.
- Kobsa, A. (1987). *A Taxonomy of Beliefs and Goals for User Models in Dialog Systems* (Tech. Rep.). Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- Kobsa, A., & Wahlster, W. (1987). *The Relationship between User Models and Discourse Models: Two Position Papers*. (Sonderforschungsbereich 314. KI - Wissensbasierte Systeme, Bericht 27, Universität des Saarlandes, Saarbrücken)
- Kortenkamp, D., Bonasso, R. P., & Murphy, R. (Hrsg.). (1998). *Artificial Intelligence and Mobile Robots: Case Studies of Successful Robot Systems*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kozima, H. (2002). Infanoid: A Babybot that Explores the Social Environment. In K. Dautenhahn, A. H. Bond, L. Cañamero, & B. Edmonds (Hrsg.), *Socially Intelligent Agents: Creating Relationships with Computers and Robots* (S. 157-164). Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Krämer, S. (Hrsg.). (1994). *Geist, Gehirn, künstliche Intelligenz : Zeitgenössische Modelle des Denkens - Ringvorlesung an der Freien Universität Berlin*. Berlin: De Gruyter Verlag.
- Krämer, S., & König, E. (Hrsg.). (2002). *Gibt es eine Sprache hinter dem Sprechen?* Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag.
- Kucera, A. (1999). *Computer-Mediated-Communication: Sozio-kommunikations-theoretische Darstellung, psychotherapeutische Perspektiven und philosophisch-anthropologische Fokussierungen*. Cuxhaven: Junghans Verlag.
- Kulyukin, V. (2004). Human-Robot Interaction through Gesture-Free Spoken Dialogue. *Autonomous Robots*, 16(3), 239-257.
- Künzel, W., & Cornelius, H. (1991). *Die Ars Generalis Ultima des Raymundus Lullus: Studien zu einem geheimen Ursprung der Computertheorie* (5. Aufl.). Berlin.
- Lai, J., & Yankelovich, N. (2002). Conversational Speech Interfaces. In A. Sears & J. Jacko (Hrsg.), *The Handbook of Human Computer Interaction* (S. 698-713). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Landow, G. P. (Hrsg.). (1994). *Hypertext Theory*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

- Laurel, B. (1990). Interface Agents: Metaphors with Character. In B. Laurel (Hrsg.), *The Art of Human-Computer Interface Design* (S. 355-365). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Lee, M. H. (1990). *Intelligente Roboter*. Weinheim: VHC Verlag.
- Leech, G. N., & Weisser, M. (2003). Pragmatics and Dialogue. In R. Mitkov (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Computational Linguistics* (S. 136-156). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lemon, O., Bracy, A., Gruenstein, A., & Peters, S. (2003). An Information State Approach in a Multi-Modal Dialogue System for Human-Robot Conversation. In P. Kühnlein, H. Rieser, & H. Zeevat (Hrsg.), *Perspectives on Dialogue in the New Millennium* (S. 229-242). Amsterdam: Benjamins Publishing Company.
- Lemon, O., Cavedon, L., Gruenstein, A., & Peters, S. (2002). Collaborative Dialogue for Controlling Autonomous Systems. In *Proceedings of AAAI Fall Symposium 2002*.
- Lenders, W., & Willée, G. (1998). *Linguistische Datenverarbeitung: Ein Lehrbuch* (2. Aufl.). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Lenke, N., Lutz, H.-D., & Sprenger, M. (1995). *Grundlagen sprachlicher Kommunikation: Mensch, Welt, Handeln, Sprache, Computer*. München: Wilhelm Fink Verlag.
- Levy, D. (2003). How to Psychoanalyze a Robot: Unconscious Cognition and the Evolution of Intentionality. *Minds and Machines*, 13(2), 203-212.
- Licklider, J. C. R. (1960). Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, 1, 4-11.
- Lin, J. (2004). *Robot Secretary Gossips, Dishes Advice, Even Gets Testy*. <http://www.cnn.com/2004/TECH/ptech/02/23/robot.receptionist.ap>, Abgerufen am 23.02.04.
- Line, M., & Wallmannsberger, J. (Hrsg.). (1989). *Computer & Sprache: Papiere des Workshops an der Universität Saarbrücken*. Innsbruck.
- Lisetti, C. L., Brown, S., Alvarez, K., & Marpaung, A. (2004). A Social Informatics Approach to Human-Robot Interaction with an Office Service Robot. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Special Issue on Human Robot Interaction*, 34(2).
- Liu, K. (2000). *Semiotics in Information Systems Engineering*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

- Logsdon, T. (1984). *The Robot Revolution*. New York: Simon & Schuster.
- Loula, A., Gudwin, R., & Queiroz, J. (2003). Synthetic Approach of Symbolic Creatures. *Semiotics, Evolution, Energy, and Development - S.E.E.D Journal*, 3(3), 125-133.
- Lunenfeld, P. (Hrsg.). (1999). *The Digital Dialectic: New Essays on New Media*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ma, M., Greening, D., Marvit, M., & Brush, A. (1996). *Universal Avatars, Working Draft #1*. <http://www.cubik.org/mirrors/pueblo/www.chaco.com/community/avatar.html>, Abgerufen am 20.02.04.
- Mackworth, A. (1998). On Seeing Robots. In P. Thagard (Hrsg.), *Mind Readings: Introductory Selections on Cognitive Science* (S. 271-286). Cambridge, MA: MIT Press.
- Magnenat-Thalmann, N., & Thalmann, D. (Hrsg.). (1993). *Communicating with Virtual Worlds*. Tokyo: Springer-Verlag.
- Magnenat-Thalmann, N., & Thalmann, D. (Hrsg.). (2004). *Handbook of Virtual Humans*. West Sussex, UK: John Wiley and Sons.
- Martin, J. (1973). *Design of Man-Computer Dialogues* (F. G. E., Hrsg.). Englewood, NJ: Prentice Hall.
- Mayer, M., & Neumann, G. (Hrsg.). (1997). *Pygmalion: Die Geschichte des Mythos in der abendländischen Kultur*. Freiburg: Rombach Verlag.
- McCarthy, J. (1977). Epistemological Problems of Artificial Intelligence. In *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence - IJCAI* (S. 1038-1044). Cambridge, MA.
- McDonald, A. C. (1986). *Robot Technology: Theory, Design, and Applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- McEnery, T. (2003). Corpus Linguistics. In R. Mitkov (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Computational Linguistics* (S. 448-463). Oxford, UK: Oxford University Press.
- McEnery, T., & Wilson, A. (1997). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.
- McFarland, D., & Holland, O. (Hrsg.). (2000). *Artificial Ethology*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- McLuhan, M. (1964). *Understanding Media: The Extensions of Man*. New York: McGraw-Hill.

- Mehler, A. (2004). Methodological Aspects of Computational Semiotics. In *Proceedings of the 10th International Congress of the German Association for Semiotic Studies, 2002*. University of Kassel.
- Menon, A. (Hrsg.). (2004). *Frontiers of Evolutionary Computation*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Metzger, S., & Rapp, W. (Hrsg.). (2003). *homo inveniens. Heuristik und Anthropologie am Modell der Rhetorik*. Tübingen: Gunter Narr Verlag.
- Minato, T., Shimada, M., Ishiguro, H., & Itakura, S. (2004a). A Constructive Approach for Studying Human-Robot Communication. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Emergent Mechanisms of Communication in the Brain - IEMC*.
- Minato, T., Shimada, M., Ishiguro, H., & Itakura, S. (2004b). Development of an Android Robot for Studying Human-Robot Interaction. In *Innovations in Applied Artificial Intelligence, Proceedings of the 7th International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems - IEA/AIE* (S. 424-434).
- Mitkov, R. (Hrsg.). (2003). *The Oxford Handbook of Computational Linguistics*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Mori, M. (1999). *The Buddha in the Robot: A Robot Engineer's Thought on Science and Religion* (6. Aufl.). Tokio: Kosei Publishing.
- Murphy, R. R. (2000). *Introduction to AI Robotics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Nadin, M. (1997). *Computational Design: Design im Zeitalter einer Wissensgesellschaft*. http://www.code.uni-wuppertal.de/uk/all_pdf_files/wissensg.pdf, Abgerufen am 10.09.04.
- Nake, F. (Hrsg.). (1993). *Von der Interaktion: Über den instrumentellen und medialen Charakter des Computers*. Baden-Baden: Agis Verlag.
- Nake, F. (2001). Das algorithmische Zeichen. In W. Bauknecht, W. Brauer, & T. Mück (Hrsg.), *Informatik 2001. Tagungsband der GI/OCG Jahrestagung* (Bd. II, S. 736-742).
- Nake, F. (2004). Das algorithmische Zeichen und die Maschine. In H. Paul & E. Latniak (Hrsg.), *Perspektiven der Gestaltung von Arbeit und Technik: Festschrift für Peter Brödner* (1. Aufl.). München: Hampp Verlag.
- Nake, F., & Andersen, P. B. (2005). The Algorithmic Sign and Its Process (Arbeitstitel). In F. Nake & P. B. Andersen (Hrsg.), *Informatics and Semiotics*.

- Heidelberg: Synchron Wissenschaftsverlag der Autoren.
- Nass, C., & Gong, L. (2000). *Does Adding a Synthetic Face Always Enhance Speech Interfaces?* <http://www.stanford.edu/~nass/comm369/pdf/SyntheticFaceandTypeOfVoice.pdf>, Abgerufen am 18.08.03.
- Nass, C., Isbister, K., & Lee, E.-J. (2000). Truth is Beauty: Researching Embodied Conversational Agents. In J. Cassell, J. Sullivan, S. Prevost, & E. Churchill (Hrsg.), *Embodied Conversational Agents* (S. 374-402). Cambridge, MA: MIT Press.
- Nass, C., & Lee, K. M. (2000). Does Computer-Generated Speech Manifest Personality? An Experimental Test of Similarity-Attraction. *Proceedings of the CHI Conference*, 2(1), 329-336.
- Nass, C., Steuer, J., & Tauber, E. R. (1994). Computers Are Social Actors. *Proceedings of the CHI Conference*, 4, 72-77.
- Nickerson, J. V., & Reilly, R. R. (2004). A Model for Investigating the Effects of Machine Autonomy on Human Behavior. In *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences - HICSS*.
- Nicolelis, M. A. L. (2003). Brain-Machine Interfaces to Restore Motor Function and Probe Neural Circuits. *Nature Reviews Neuroscience*, 4,5, 417-422.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Nielsen, J. (1999). *Designing Web Usability*. Indianapolis, IN: New Riders Publishing.
- Nolfi, S., & D., F. (2000). *Evolutionary Robotics: The Biology, Intelligence, and Technology of Self-Organizing Machines*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Norman, D. A. (1988). *The Psychology of Everyday Things*. Basic Books.
- Norman, D. A. (1999). *The Design of Everyday Things* (2. Aufl.). London: MIT Press.
- Norman, D. A. (2001). *How Might Humans Interact with Robots? Human Robot Interaction and the Laws of Robotology*. http://www.jnd.org/dn.mss/Humans_and_Robots.html, Abgerufen am 02.08.04.
- Nöth, W. (2000). *Handbuch der Semiotik* (2. Aufl.). Stuttgart, Weimar: Metzler.
- Nöth, W. (2001). Semiosis and the Umwelt of a Robot. *Semiotica*, 134(1/4), 695-699.

- Nöth, W. (2004). Semiotic Machines. *Semiotics, Evolution, Energy, and Development - S.E.E.D. Journal*, 81-99.
- Nwana, H. S. (1996). Software Agents: An Overview. *Knowledge Engineering Review*, 11(3), 205-244.
- Oestreicher, L., Hüttenrauch, H., & Severinsson-Eklund, K. (1999). *Where Are You Going Little Robot? - Prospects of Human-Robot Interaction*. http://www.nada.kth.se/~larsoe/AMS/Artiklar/CHI99/chi_verla, Abgerufen am 02.08.04. (Position Paper for the CHI 99 Basic Research Symposium)
- O'Hare, G. M. P., & Jennings, N. R. (Hrsg.). (1996). *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*. New York: John Wiley & Sons.
- Ovidius Naso, P. (1994). *Metamorphosen*. Stuttgart: Reclam.
- Pancake, C. M. (2004). Cherri M. Pancake on Usability Engineering. *Ubiquity*, 3(16). http://www.acm.org/ubiquity/interviews/c_pancake_1.html.
- Paolillo, J. (1999). The Virtual Speech Community: Social Network and Language Variation on IRC. *Journal of Computer Mediated Communication*, 4(4).
- Piotrowski, R. (1988). Semiotics and the Processing of Natural Language. In J. Lüdtke, J. Albrecht, & H. Thun (Hrsg.), *Energieia und Ergon: Sprachliche Variation - Sprachgeschichte - Sprachtypologie, Band III: Das sprachtheoretische Denken Eugenio Coserius in der Diskussion* (S. 523-530). Tübingen: Gunter Narr Verlag.
- Polani, D., Browning, B., Bonarini, A., & Yoshida, K. (Hrsg.). (2004). *RoboCup 2003: Robot Soccer World Cup VII*. Berlin: Springer-Verlag.
- Poyatos, F. (2002). *Nonverbal Communication across Disciplines: Culture, Sensory Interaction, Speech, Conversation* (Bd. 1). Amsterdam: Benjamins Publishing Company.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., & Carey, T. (1994). *Human-Computer Interaction*. Wokingham, UK: Addison-Wesley.
- Prem, E. (1998). Semiosis in Embodied Autonomous Systems. In *Proceedings of the ISIC/CIRA/ISAS98*. Madison, WI: OmniPress.
- Pustet, R. (2004). Zipf and His Heirs. *Language Sciences*, 26.
- Rahimi, M., & Karwowski, W. (Hrsg.). (1992). *Human-Robot Interaction*. Washington, DC: Taylor & Francis.

- Ramsay, A. (2003). Discourse. In R. Mitkov (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Computational Linguistics* (S. 112-135). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Randow, G. von. (1997). *Roboter: Unsere nächsten Verwandten*. Rowohlt Verlag.
- Ranke-Graves, R. v. (1960). *Griechische Mythologie: Quellen und Deutung (Übersetzt von Hugo Seinfeld)*. Hamburg: Rowohlt Verlag.
- Raskin, J. (2000). *The Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems*. Boston, MA: Addison-Wesley.
- Rasmussen, J. (1986). *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. New York: Elsevier Science Publishing.
- Rasmussen, J., Duncan, K., & Leplat, J. (Hrsg.). (1988). *New Technology and Human Error*. New York: John Wiley & Sons.
- Reeves, B., & Nass, C. (1996). *The Media Equation: How People Treat Computers, Televisions and New Media Like Real People and Places*. Stanford, CA: CSLI Publications.
- Reichardt, J. (1978). *Robots: Fact, Fiction and Prediction*. London: Thames & Hudson.
- Rheingold, H. (2002). *Smart Mobs: The Next Social Revolution*. Cambridge, MA: Perseus Publishing.
- Rickel, J., & Johnson, W. L. (2000). Task-Oriented Collaboration with Embodied Agents in Virtual Worlds. In J. Cassell, J. Sullivan, S. Prevost, & E. Churchill (Hrsg.), *Embodied Conversational Agents* (S. 95-122). Cambridge, MA: MIT Press.
- Rist, T., Baldes, S., Gebhard, P., Kipp, M., Klesen, M., Rist, P., et al. (2002). CrossTalk: An Interactive Installation with Animated Presentation Agents. In *Proceedings of the 2nd Conference on Computational Semiotics for Games and New Media - COSIGN, Augsburg*.
- Rogers, E. (2004). Introduction to Human-Computer Interaction - HCI. In *RAS/IFRR Summer School on Human-Robot Interaction*.
- Rogers, E., & Murphy, R. R. (2001). Human-Robot Interaction. In *Final Report for DARPA/NSF Study on Human-Robot Interaction*.
- Rosenbrock, H. H. (Hrsg.). (1989). *Designing Human-Centred Technology: A Cross-Disciplinary Project in Computer-Aided Manufacturing*. London: Springer-Verlag.

- Rosner, M., & Johnson, R. (Hrsg.). (1992). *Computational Linguistics and Formal Semantics*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Rotman, B. (1993). *Ad Infinitum... The Ghost in Turing's Machine: Taking God Out of Mathematics and Putting the Body Back In*. Stanford University Press.
- Russel, R. S. (2002). *Language Use, Personality and True Conversational Interfaces*. <http://www.geocities.com/rorysr2002>, Abgerufen am 17.08.03.
- Russell, S., & Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2. Aufl.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Sandler, B.-Z. (1991). *Robotics: Designing the Mechanisms for Automated Machinery*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Scassellati, B. (2000). Theory of Mind for a Humanoid Robot. In *1st International Conference on Humanoid Robotics - IEEE/RSJ*.
- Schelhowe, H. (1997). *Das Medium aus der Maschine. Zur Metamorphose des Computers*. Frankfurt/Main: Campus Verlag.
- Schiewer, G. L. (2004). *Poetische Gestaltkonzepte und Automatentheorie: Arno Holz - Robert Musil - Oswald Wiener*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Schiffrin, D., Tannen, D., & Hamilton, H. E. (2003). Introduction. In D. Schiffrin, D. Tannen, & H. E. Hamilton (Hrsg.), *The Handbook of Discourse Analysis* (S. 1-10). Malden, MA: Blackwell Publishers.
- Schmauks, D. (1991). *Deixis in der Mensch-Maschine-Interaktion: Multimediale Referentenidentifikation durch natürliche und simulierte Zeigegesten*. Tübingen: Niemeyer.
- Schmid, K. (2002). *Werthern schubst Lotte*. <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/12/12326/1.html>, Abgerufen am 18.08.03.
- Schmitz, U. (1992). *Computerlinguistik: Eine Einführung*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Schmitz, U., Schütz, R., & Kunz, A. (Hrsg.). (1990). *Linguistic Approaches to Artificial Intelligence* (Bd. 6). Peter Lang Publishing.
- Schmitz, W., & Hess-Lüttich, E. (Hrsg.). (2003). *Maschinen und Geschichte, Machines and History*. Dresden: Thelem.
- Schneider, H. J. (2002). Beruht das Sprechenkönnen auf einem Sprachwissen? In S. Krämer & E. König (Hrsg.), *Gibt es eine Sprache hinter dem Sprechen?* (S. 129-150). Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag.

- Schnepf, U. (1990). Robot Ethology: A Proposal for the Research into Intelligent Autonomous Systems. In *Arbeitspapiere der GMD* (Bd. 454).
- Scholtz, J. (2003). Theory and Evaluation of Human Robot-Interaction. In *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences - HICSS*.
- Scholtz, J., Antonishek, B., & Young, J. (2004). Evaluation of a Human-Robot Interface: Development of a Situational Awareness Methodology. In *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences - HICSS*.
- Schroeder, R. (Hrsg.). (2002). *The Social Life of Avatars: Presence and Interaction in Shared Virtual Environments*. London: Springer-Verlag.
- Schulmeister, R., & Reinitzer, H. (Hrsg.). (2002). *Progress in Sign Language Research: Fortschritte in der Gebärdensprachforschung - Festschrift für Siegmund Prillwitz*. Signum-Verlag.
- Schultz, A. C. (2004). Human Robot Interaction: Towards Collaboration. In *RAS/IFRR Summer School on Human-Robot Interaction*.
- Schwentker, B. (2004). Waldi, der Herzensbrecher. *Financial Times Deutschland*, 29.
- Scollon, R., & Wong Scollon, S. (1996). *Intercultural Communication: A Discourse Approach*. Oxford, UK: Blackwell Publishers.
- Searle, J. R. (1980a). Minds, Brains, and Programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(3), 417-457.
- Searle, J. R. (1980b). *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language* (8. Aufl.). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Sebeok, T. A. (1979). *Theorie und Geschichte der Semiotik*. Reinbeck: Rowohlt Verlag.
- Sharkey, N., & Ziemke, T. (1999). Life, Mind and Robots: The Ins and Outs of Embodied Cognition. In S. Wermter & R. Sun (Hrsg.), *Hybrid Neural Systems*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Sheridan, T. B. (1997). Eight Ultimate Challenges of Human-Robot Communication. In *IEEE - Proceedings of the International Workshop on Robot and Human Interactive Communication ROMAN*. IEEE Press.
- Sheridan, T. B. (2002). *Humans and Automation: System Design and Research Issues*. Santa Monica, CA: John Wiley & Sons.
- Shetty, D., & Kolk, R. A. (1997). *Mechatronics System Design*. Boston, MA: PWS Publishing.

- Shieber, S. M. (1994). Lessons from a Restricted Turing Test. *Communications of the ACM*, 37(6), 70-78. (ACM Press, New York)
- Shneiderman, B. (1987). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Boston, MA: Addison-Wesley.
- Shriver, S., Rosenfeld, R., Zhu, X., Toth, A., Rudnicky, A., & Flueckiger, M. (2001). Universalizing Speech: Notes from the USI Project. *Proceedings of the 7th European Conference on Speech Communication and Technology (Eurospeech)*, Aalborg, Denmark.
- Siegert, H.-J., & Bocionek, S. (1996). *Robotik: Programmierung intelligenter Roboter*. Berlin: Springer-Verlag.
- Siegwart, R., & Nourbakhsh, I. R. (2004). *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Skubic, M., & Blisard, S. (2002). Go to the Right of the Pillar: Modeling Unoccupied Regions for Robot Directives. In *Papers from the 2002 AAAI Fall Symposium, Human-Robot Interaction Workshop*. (AAAI Technical Report FS-02-03)
- Snow, C. P. (1998). *The Two Cultures*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Spiliotopoulos, D., Androutsopoulos, I., & Spyropoulos, C. D. (2001). Human-Robot Interaction Based on Spoken Natural Language Dialogue. In *Proceedings of the European Workshop on Service and Humanoid Robots*.
- Sproull, L., Subramani, M., Kiesler, S., Walker, J. H., & Waters, K. (1996). When the Interface Is a Face. *Human-Computer Interaction*, 11, 97-124.
- Steels, L. (1996). Emergent Functionality in Robotic Agents through On-Line Evolution. In R. A. Brooks & P. Maes (Hrsg.), *Artificial Life IV. Proceedings of the 4th International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems* (S. 8-14). Cambridge, MA: MIT Press.
- Steels, L. (1999). *The Talking Heads Experiment: Words and Meaning* (Bd. 1). Brussels: Best of Publishing.
- Steels, L. (2000). The Puzzle of Language Evolution. *Kognitionswissenschaft*, 8(4), 143-150.
- Steels, L. (2001a). *Agenten- und Robotergemeinschaften*. <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/6/6042/1.html>, Abgerufen am 15.10.04.

- Steels, L. (2001b). Language Games for Autonomous Robots. *IEEE Intelligent Systems*, 16(5), 16-22.
- Steels, L. (2002). Grounding Symbols through Evolutionary Language Games. In A. Cangelosi & D. Parisi (Hrsg.), *Simulating the Evolution of Language* (S. 211-226). London: Springer-Verlag.
- Steels, L., & Brooks, R. (Hrsg.). (1995). *The Artificial Life Route to Artificial Intelligence: Building Embodied, Situated Agents*. Hillsday, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Steels, L., & Kaplan, F. (2001). AIBO's First Words: The Social Learning of Language and Meaning. *Evolution of Communication*, 4(1), 3-32.
- Steels, L., & Kaplan, F. (2002). Bootstrapping Grounded Word Semantics. In T. Briscoe (Hrsg.), *Linguistic Evolution through Language Acquisition: Formal and Computational Models*. Cambridge University Press.
- Steels, L., & Vogt, P. (1997). Grounding Adaptive Language Games in Robotic Agents. In P. Harvey & P. Husbands (Hrsg.), *Proceedings of European Conference on Artificial Life - ECAL*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stephens, K. R. (2001). *What Has the Loebner Contest Told Us about Conversant Systems?* <http://www.behavior.org/computer-modeling/stephens/stephens-loebner-winners.cfm>, Abgerufen am 10.03.04.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Suchman, L. A. (1998). Human - Machine Reconsidered. *Cognitive Studies*, 5(1), 5-13.
- Suzuki, K., & Hashimoto, S. (2001). Harmonized Human-Machine Environment for Humanoid Robot. In *Proceedings of the International Conference on Humanoid Robots - IEEE/RAS*.
- Taborsky, E. (Hrsg.). (1999). *Semiosis - Evolution - Energy: Towards a Reconceptualization of the Sign*. Aachen: Shaker Verlag.
- Takeda, H., Kobayashi, N., Matsubara, Y., & Nishida, T. (1997). Towards Ubiquitous Human-Robot Interaction. In *Working Notes for IJCAI - Workshop on Intelligent Multimodal Systems* (S. 1-8).
- Taylor, T. L. (1999). Life in Virtual Worlds: Plural Existence, Multimodalities, and Other Online Research Challenges. *American Behavioral Scientist*, 43(3),

- 436-449.
- Taylor, T. L. (2004). The Social Design of Virtual Worlds: Constructing the User and Community Through Code. In M. Consalvo et al. (Hrsg.), *Internet Research Annual Volume I: Selected Papers from the Association of Internet Researchers Conferences 2000-2002* (S. 260-268). New York: Peter Lang Publishing.
- Tenbrink, T. (2003). Communicative Aspects of Human-Robot Interaction. In H. Metslang & M. Rannut (Hrsg.), *Languages in Development*. Amsterdam: Lincom Europa.
- Tenbrink, T., Fischer, K., & Moratz, R. (2002). Spatial Strategies in Human-Robot Communication. *KI - Zeitschrift für Künstliche Intelligenz*, 4(16), 19-23.
- Thrun, S. (2004). Towards a Framework for Human-Robot Interaction. *Human-Computer Interaction*, 19, 9-24.
- Tipper, L. (2003). *Jabberwock Scoops 2003 Loebner Prize*. <http://www.surrey.ac.uk/news/releases/03-1020jabberwock.html>, Abgerufen am 10.03.04.
- Traum, D. R. (1999). Speech Acts for Dialogue Agents. In M. Wooldridge & A. Rao (Hrsg.), *Foundations of rational agency* (S. 169-201). Kluwer Academic Publishers.
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460.
- Turkle, S. (1996). *Life on the Screen: Identity in the Age of the Internet*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Ulmer, G. L. (1994). *Heuristics: The Logic of Invention*. John Hopkins University Press.
- U.N., & I.F.R.R. (2002). *United Nations and The International Federation of Robotics: World Robotics 2002*. New York: United Nations.
- Varela, F. J. (1995). The Re-Enchantment of the Concrete: Some Biological Ingredients for a Nouvelle Cognitive Science. In R. Brooks & L. Steels (Hrsg.), *The Artificial Life Route to Artificial Intelligence: Building Embodied, Situated Agents* (S. 11-22). Hillsday, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Varshavskaya, P. (2002). Behavior-Based Early Language Development on a Humanoid Robot. In C. G. Prince, Y. Demiris, Y. Marom, H. Kozima, & C. Balkenius (Hrsg.), *Proceedings of the 2nd International Workshop on Epige-*

- netic Robotics: Modeling Cognitive Development in Robotic Systems* (S. 149-158). Edinburgh, UK.
- Völker, K. (Hrsg.). (1971). *Künstliche Menschen: Dichtungen und Dokumente über Golems, Homunculi, Androiden und liebende Statuen*. München: Carl Hanser Verlag.
- Wagner, J. (2002). *Mensch - Computer - Interaktion. Sprachwissenschaftliche Aspekte* (Bd. 6). Frankfurt/Main: Peter Lang Publishing.
- Wahlster, W., & Kobsa, A. (1986a). *Dialog-Based User Models* (Tech. Rep. Nr. Sonderforschungsbereich 314). Künstliche Intelligenz, Wissensbasierte Systeme, Saarbrücken, XTRA, Universität des Saarlandes.
- Wahlster, W., & Kobsa, A. (1986b). *Processing Descriptions Containing Words and Gestures*. Saarbrücken: XTRA, Universität des Saarlandes.
- Wahlster, W., & Kobsa, A. (1988). *User Models in Dialog Systems* (Tech. Rep. Nr. Sonderforschungsbereich 314). Künstliche Intelligenz, Wissensbasierte Systeme, Saarbrücken, XTRA, Universität des Saarlandes.
- Walker, J., Sproull, L., & Subramani, R. (1994). Using a Human Face in an Interface. In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computers 1994* (S. 85-91). Boston, MA: ACM Press.
- Walker, M. A., & Moore, J. D. (1997). Empirical Studies in Discourse. *Computational Linguistics*, 23(1), 1-12.
- Wallmannsberger, J. (1994). *Virtuelle Textwelten: Theoretische Grundlagen und Implementationsperspektiven der anglistischen Computerphilologie* (Bd. 226). Heidelberg: Universitätsverlag C. Winter.
- Wallmannsberger, J. (1996). Wörter unter den Wörtern: Markupssprachen und Generationscodes für Corpora. *Studia Iranica, Mesopotamica & Anatolica*, 2, 189-202.
- Wallmannsberger, J. (1997a). First Steps towards a Semiotics of Cyberspace. In I. Rauch & G. F. Carr (Hrsg.), *Semiotics around the World: Synthesis in Diversity. Proceedings of the 5th Congress of the International Association for Semiotic Studies, Berkeley 1994* (S. 809-812). Berlin, New York: De Gruyter Verlag.
- Wallmannsberger, J. (1997b). On Limits: Towards a Prototheory of Inform(ul)ation. *World Futures*, 49, 429-446.
- Wallmannsberger, J. (1997c). Semiose im Zeitalter ihrer elektronischen Mediaisierbarkeit: Papierene Argumente zu virtuellen Zeichen. In J. Bernard,

- J. Wallmannsberger, & G. Withalm (Hrsg.), *Welt der Zeichen - Welt der Dinge* (S. 313-326). Wien: ÖGS.
- Wallmannsberger, J. (1998). Corpora Travelling on a Shoestring: The 'arte povera' of CD-ROMance. In J. Gippert & P. Vavrousek (Hrsg.), *Computers in Historical & Comparative Linguistics* (S. 147-158). Prag: Enigma.
- Wallmannsberger, J. (2001). Virtual Quills: Towards an Aesthetics in the Polemical Mode. *Kodikas / Code: Ars Semiotica*, 24(3-4), 207-216.
- Wallmannsberger, J. (2002). *Kritische Apparate*. Wien: Institut für Sozio-Semiotische Studien - ISSS.
- Walter, W. G. (1950). An Imitation of Life. *Scientific American*, 182(5), 42-45.
- Walter, W. G. (1963). *The Living Brain*. New York: Norton.
- Walton, D. (2000). The Place of Dialogue Theory in Logic, Computer Science and Communication Studies. *Synthese*, 123, 327-346.
- Warwick, K. (2004). *I, Cyborg*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Watt, S. (1996). Naive Psychology and the Inverted Turing Test. *Psychology*, 7(14).
- Watzlawick, P. (1978). *The Language of Change: Elements of Therapeutic Communication*. New York: Basic Books.
- Watzman, A. (2004). *Carnegie Mellon Introduces First Storytelling Roboceptionist*. http://www.cmu.edu/PR/releases04/040218_storytelling.html, Abgerufen am 01.09.04.
- Wawrzyn, L. (1978). *Der Automaten-Mensch: E.T.A. Hoffmanns Erzählung vom Sandmann*. Berlin: Wagenbach Verlag.
- Weingarten, R. (Hrsg.). (1990). *Information ohne Kommunikation? Die Loslösung der Sprache vom Sprecher*. Frankfurt/Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Weisler, S., & Milekic, S. (2000). *Theory of Language* (2. Aufl.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Weiss, G. (Hrsg.). (1999). *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weizenbaum, J. (1976). *Computer Power and Human Reason: From Judgement to Calculation*. Penguin.
- Wilcox, S. (2002). The Gesture-Language Interface: Evidence from Signed Languages. In R. Schulmeister & H. Reinitzer (Hrsg.), *Progress in Sign Language Research. In Honour of Siegmund Prillwitz* (S. 63-81). Seedorf: Signum-Verlag.

- Wilks, Y., & Catizone, R. (2001). Human-Computer Conversation. In A. Kent (Hrsg.), *Encyclopedia of Library and Information Science* (Bd. 69). New York: Dekker.
- Willeke, T., Kunz, C., & Nourbakhsh, I. (2001). The History of the Mobot Museum Robot Series: An Evolutionary Study. In *Proceedings of Florida Artificial Intelligence Research Society - FLAIRS*.
- Willée, G., Schröder, B., & Schmitz, H.-C. (Hrsg.). (2002). *Computerlinguistik: Was geht, was kommt?* Sankt Augustin: Gardez! Verlag.
- Winograd, T. (1972). *Understanding Natural Language*. Unveröffentlichte Dissertation, MIT, Cambridge, MA.
- Winograd, T., & Flores, F. (1986). *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Wloka, D. W. (1992). *Robotersysteme 1: Technische Grundlagen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Yamato, J., & Futoshi Naya, K. S. (2004). Effect of Shared-Attention on Human-Robot Communication. In *Proceedings of ACM/CHI 2004 Workshop Shaping Human-Robot Interaction, Understanding the Social Aspects of Intelligent Robotic Products*. Vienna.
- Yanco, H. A. (1998). Wheelchair, A Robotic Wheelchair System: Indoor Navigation and User Interface. In V. O. Mittal, H. A. Yanco, J. Aronis, & R. Simpson (Hrsg.), *Lecture Notes in Artificial Intelligence: Assistive Technology and Artificial Intelligence* (S. 256-268). Berlin: Springer-Verlag.
- Yanco, H. A., & Drury, J. L. (2002). A Taxonomy for Human-Robot Interaction. In *AAAI Fall Symposium on Human-Robot Interaction* (Bd. AAAI Technical Report FS-02-03, S. 111-119). Falmouth, MA.
- Ziemke, T. (2000). *Situated Neuro-Robotics and Interactive Cognition*. Unveröffentlichte Dissertation, University of Sheffield, UK.
- Ziemke, T. (2001a). Are Robots Embodied? In Z. Balkenius, D. Brezeal, & H. Kozi-
ma (Hrsg.), *Proceedings of the 1st International Workshop on Epigenetic Robotics: Modeling Cognitive Development in Robotic Systems* (S. 75-93).
- Ziemke, T. (2001b). The Construction of "Reality" in the Robot: Constructivist Perspectives on Situated Artificial Intelligence and Adaptive Robotics. *Foundations of Science*, 6, 163-233.

- Ziemke, T. (2002). On the Epigenesis of Meaning in Robots and Organisms: Could a Humanoid Robot Develop a Human(oid) Umwelt? *Sign System Studies*, 30, 101-111.
- Ziemke, T. (2003a). On the Role of Robot Simulations in Embodied Cognitive Science. *AISB Journal*, 1(4).
- Ziemke, T. (2003b). Robosemiotics and Embodied Enactive Cognition. *S.E.E.D. Journal - Semiotics, Evolution, Energy, and Development*, 3(3), 112-124.
- Ziemke, T. (Im Druck). Cybernetics and Embodied Cognition: On the Construction of Realities in Organisms and Robots. *Kybernetes, Special Issue*.
- Ziemke, T., & Sharkey, N. E. (2001). A Stroll through the Worlds of Robots and Animals: Applying Jakob von Uexküll's Theory of Meaning to Adaptive Robots and Artificial Life. *Semiotica*, 134(1-4), 701-746.
- Zipf, G. K. (1965). *Human behavior and the principle of least effort: An introduction to human ecology* (2. Aufl.). New York: Hafner Publishing.
- Zipf, G. K. (1968). *The psycho-biology of language: An introduction to dynamic philology* (2. Aufl.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Zlatev, J. (2001). The Epigenesis of Meaning in Human Beings, and Possibly in Robots. *Minds and Machines*, 11, 155-195.
- Zue, V. (1997). Conversational Interfaces: Advances and Challenges. In *Proceedings Eurospeech*.