
**Ein Computermodell für die
Simulation von emotionalen
Angleichungsprozessen in der
Mensch-Roboter Interaktion**

Oliver Damm

Oliver Damm, M.Sc.
Angewandte Informatik
Technische Fakultät
Universität Bielefeld
E-Mail: odamm@techfak.uni-bielefeld.de

Abdruck der genehmigten Dissertation zur Erlangung
des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.).
Der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld
am 08.12.2014 vorgelegt von Oliver Damm.
am 07.05.2015 verteidigt und genehmigt.

Betreuer:

Prof. Dr.-Ing. Britta Wrede

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Britta Wrede

Prof. Christoph Bartneck Ph.D.

Prüfungskommission:

Prof. Dr.-Ing. Philip Cimiano

Prof. Dr.-Ing. Britta Wrede

Prof. Christoph Bartneck Ph.D.

Dr.-Ing. Kirsten Bergmann

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach DIN ISO 9706

Ein Computermodell für die Simulation von emotionalen Angleichungsprozessen in der Mensch-Roboter Interaktion

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld

vorgelegt von

Oliver Damm

Bielefeld – Dezember 2014

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Referenzen und wörtliche Auszüge wurden angegeben, und alle Informationsquellen, Grafiken und Datensätze gesondert referenziert. Diese Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Oliver Damm

Bielefeld, den 17.11.2014

Danksagung

Diese Arbeit ist während meiner Zeit in der Arbeitsgruppe für Angewandte Informatik an der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld entstanden. Die geleistete Forschungsarbeit wurde finanziell unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 673 (CRC 673), Alignment in Communication.

Diese Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung meiner Kollegen, meiner Freunde und meiner Familie. Zunächst gilt mein Dank Dr. Britta Wrede dafür, dass sie mir diese Arbeit ermöglicht hat und ihr Vertrauen in meine Fähigkeit diese Arbeit abzuschliessen. Vielen Dank für die Diskussionen die massgeblich zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen haben und natürlich auch für die Bestätigung und Motivation immer dann wenn ich sie benötigt habe. Ein weiterer Dank gilt Christoph Bartneck dafür, dass er sich bereit erklärt hat diese Arbeit als Zweitgutachter zu bewerten.

Ebenso danke ich Dr. Christian Becker-Asano der mit seinen anregenden Ideen, den Hinweisen und Diskussionen zur richtigen Zeit einen großen inhaltlichen und auch emotionalen Beitrag geleistet hat. Und selbstverständliche Danke ich Petra Jaecks dafür dass sie immer da war und mich in allen Belangen unterstützt hat, danke Petra! Des Weiteren gilt mein Dank meinen Bürokollegen Sebastian und Benni dafür, dass sie mich aufgenommen haben und natürlich Patrick - es war eine großartige Zeit! Auch bei allen anderen Kolleginnen und Kollegen, die mich in den letzten Jahren begleitet haben möchte ich mich bedanken: Andy, Torben, Silke, Kirsten, Karoline, Luise, Nina, Frank, Sebastian, Christian, Leon.

Ebenso gilt mein Dank meiner Familie und besonders der gesamten Freumilie dafür, dass wir nun schon so viele Jahre mehr als Freunde sind: Smo, Mayo, Anke, Bernd, Christian, Nicole, Janka, Sascha, Björn, Sandra, Markus T., Elke, Kerstin, Markus B., Nicole und Jens.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Weibchen Tina, ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen

- Ich liebe Dich.

Abstract

Es gibt seit über 20 Jahren unterschiedliche Ansätze, virtuelle Agenten und humanoide Roboter sozialer und menschlicher erscheinen zu lassen. Um diesem Ziel näher zu kommen, wird in unterschiedliche Richtungen geforscht. Die künstlichen Interaktionspartner haben das Hören und Sprechen gelernt, um die Interaktion angenehmer und einfacher zu machen. Es wurden Modelle entwickelt die es möglich machen, komplexe Dialoge mit ihnen zu führen und nicht zuletzt wurden unterschiedliche Emotionsmodelle implementiert. Viele Modelle von artifiziellen Emotionen versuchen über unterschiedlichen Input einen internen emotionalen Zustand zu errechnen und diesen durch den Roboter darzustellen. Diese Modelle reichen vom diskreten OCC-Modell, bei dem Emotionen eine wertende Reaktion auf Konsequenzen von Ereignissen, Handlungen von Agenten oder Aspekte von Objekten sind, bis hin zu multidimensionalen Modellen die versuchen natürliche Emotionen zu simulieren. Für das OCC-Modell bedeutet das zum Beispiel, dass eine Handlung mehr oder weniger zu einer Emotion führt.

Bei den dimensional Modellen wird der emotionale Zustand über einen Punkt in einem 3 dimensional Raum modelliert. Dieser Punkt wird durch wahrgenommene Handlungen oder Ereignisse im Raum bewegt. Die Emotionen sind unterschiedlichen Bereichen in diesem Raum zugeordnet. Das hier vorgestellte Modell basiert auf Erkenntnissen, die zuvor in mehreren empirischen Studien gewonnen wurden. Es simuliert emotionale Angleichungsprozesse, die in der Mensch-Mensch Interaktion beobachtet werden können. Es wird also nicht versucht, dem Roboter einen emotionalen Zustand zu „geben“, vielmehr liegt der Focus auf der Interaktion und der Wirkung einer gezeigten Emotion auf eben diese. Dafür wurde ein Ebenen-Modell implementiert, das dem Roboter ermöglicht in unterschiedlichen Situationen emotional angemessen zu reagieren. Es setzt (Facial) Mimicry ein, damit der Roboter positiver wahrgenommen wird und ein Social Bonding zu etablieren. Des Weiteren werden Emotionen eingesetzt, um die Interaktion gezielt zu beeinflussen und um auf Ereignisse, die nicht direkt zur Interaktion gehören, zu reagieren.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Abbildungsverzeichnis | xv |
| Tabellenverzeichnis | xix |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Motivation | 1 |
| 1.2 Ziele der Arbeit | 5 |
| 1.2.1 Verbessern der Mensch-Roboter Interaktion | 5 |
| 1.2.2 Integration interdisziplinärer Forschungsergebnisse | 6 |
| 1.3 Forschungsfragen dieser Arbeit | 6 |
| 1.4 Abgrenzung zu anderen Systemen | 7 |
| 1.5 Aufbau der Arbeit | 8 |
| 2 Theoretischer Hintergrund | 11 |
| 2.1 Soziale Interaktion | 11 |
| 2.1.1 Soziale Roboter | 12 |
| 2.1.2 Diskussion | 15 |
| 2.2 Emotionen in der Kommunikation | 15 |
| 2.3 Historie der Emotionsforschung | 17 |
| 2.4 Psychologische Modelle | 19 |
| 2.4.1 Basisemotionen oder primäre Emotionen | 19 |
| 2.4.2 Appraisal Theorien | 20 |
| 2.4.3 Dimensionale Theorien | 22 |
| 2.4.4 Empathie | 25 |
| 2.5 Emotionen in der Interaktion | 27 |
| 2.6 Zusammenhang von Emotionen und Kognition | 27 |
| 2.6.1 Informationsverarbeitung | 28 |
| 2.6.2 Entscheidungsverhalten | 28 |
| 2.6.3 Diskussion | 29 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.7 | Angleichungsprozesse in der Kommunikation | 29 |
| 2.7.1 | Die Theory of Mind | 30 |
| 2.7.2 | Modell von Davis | 31 |
| 2.7.3 | Emotionales Alignment | 34 |
| 2.7.4 | Diskussion | 36 |
| 3 | Verwandte Systeme | 37 |
| 3.1 | OCC-Modell | 37 |
| 3.2 | Breazeals Modell für Emotionen | 40 |
| 3.3 | Die WASABI-Architektur | 41 |
| 3.4 | Mimicry-basierte Systeme | 44 |
| 3.5 | Empathie-basiertes emotionales Alignment | 46 |
| 3.6 | Diskussion | 48 |
| 4 | Entwurf eines Modells für emotionales Alignment | 49 |
| 4.1 | Grundlagen und Anforderungen an ein Modell für emotionales Alignment | 49 |
| 4.2 | Empirische Grundlage für das Modell | 51 |
| 4.2.1 | Grundlagen für die Integration in die HRI | 53 |
| 4.3 | Emotionales Alignment | 56 |
| 4.3.1 | Automatisches Emotionales Alignment | 56 |
| 4.3.2 | Schematisches Emotionales Alignment | 57 |
| 4.3.3 | Konzeptuelles Emotionales Alignment | 58 |
| 4.3.4 | Aufbau des Modells | 58 |
| 4.3.5 | Anbindung der WASABI-Architektur | 58 |
| 4.4 | Entscheidungsprozess während der Interaktion | 59 |
| 4.4.1 | Evaluation von Kontext-Ereignissen | 60 |
| 4.5 | Diskussion | 60 |
| 5 | Konzeption und Realisierung des Systems | 61 |
| 5.1 | Ein Computermodell für emotionales Alignment | 61 |
| 5.1.1 | Aufbau des Systems | 64 |
| 5.2 | Integration der Ebenen | 64 |
| 5.3 | Komponenten des Systems | 68 |
| 5.3.1 | Hauptkomponenten | 68 |
| 5.3.2 | Komponente für automatisches Feedback | 70 |
| 5.3.3 | Komponente für schematisches Feedback | 71 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.3.4 | Komponente für strategisches Feedback | 71 |
| 6 | Evaluation | 73 |
| 6.1 | Verfügbare Roboter-Plattformen | 73 |
| 6.1.1 | iCat | 73 |
| 6.1.2 | Nao | 74 |
| 6.1.3 | Der humanoide Roboterkopf Flobi | 76 |
| 6.1.4 | Wahl der Plattform | 78 |
| 6.2 | Evaluation der dynamischen Gesichtsausdrücke | 78 |
| 6.3 | Integration in ein Szenario | 80 |
| 6.3.1 | Das Spiel “Who Am I?” | 80 |
| 6.3.2 | Technische Umsetzung des Szenarios | 81 |
| 6.3.3 | Ablauf der Evaluation | 85 |
| 6.3.4 | Emotionales Feedback des Roboters | 86 |
| 6.4 | Ergebnisse der Evaluation | 88 |
| 6.4.1 | Statistische Auswertungsverfahren | 90 |
| 6.4.2 | Teilnehmer | 90 |
| 6.4.3 | Ergebnisse in Bezug auf die Wahrnehmung des Roboters | 91 |
| 6.4.4 | Ergebnisse in Bezug auf das Verhalten des Roboters | 95 |
| 6.4.5 | Ergebnisse in Bezug auf die Interaktion | 98 |
| 6.4.6 | Diskussion der Evaluation | 99 |
| 7 | Resüme | 105 |
| 7.1 | Ergebnisse der Evaluation | 105 |
| 7.2 | Diskussion | 107 |
| 7.2.1 | Ausblick | 112 |
| 8 | Anhang | 115 |
| 8.1 | SCXML-Datei der Evaluation | 132 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 141 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Ein exemplarischer Ablauf einer Interaktion mit dem Roboter in Form eines Spiels. Der Roboter reagiert auf unterschiedliche Art, aber immer passend zur aktuellen Spielsituation. | 4 |
| 2.1 | Die sieben Basis-Emotionen, die Ekman empirisch nachgewiesen hat und die kulturunabhängig erkannt werden | 20 |
| 2.2 | Der PAD-Raum nach Wundt | 23 |
| 2.3 | Die Abbildung zeigt Davis' Modell für Empathie. Zu sehen sind die vier wichtigen Bestandteile, die dieses Modell ausmachen. | 32 |
| 3.1 | Übersicht von computergestützten Emotionsmodellen (aus [Marsella et al., 2010]). | 38 |
| 3.2 | Globale Struktur der Emotionstypen des OCC Modells (aus [Bartneck, 2002]) | 39 |
| 3.3 | Der Aufbau der Komponente für die Emotionsdynamik (Abb. aus [Becker-Asano, 2008]) | 42 |
| 3.4 | Der PAD-Raum der WASABI-Architektur, in ihm sind sowohl die primären als auch die sekundären Emotionen angeordnet (aus [Becker-Asano, 2008]) | 43 |
| 3.5 | Die Roboter, die in Studien zur Erforschung des Effekts von Mimicry auf die Mensch-Roboter Interaktion eingesetzt wurden. | 45 |
| 3.6 | Das Modell für Empathie zwischen zwei virtuellen Agenten, vorgeschlagen von Boukricha und Wachsmuth. Es basiert auf dem Late Appraisal Modell [de Vignemont and Singer, 2006]. Der Empathie-Prozess besteht aus drei Schritten, <i>Empathy Mechanism</i> , <i>Empathy Modulation</i> und <i>Expression of Empathy</i> | 46 |

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Der Aufbau des Modell für emotionales Alignment. Aufgeteilt in die drei Ebenen für automatisches, schematisches und konzeptuelles emotionales Alignment | 50 |
| 4.2 | Einordnung der empirischen Studien, die durchgeführt wurden, um die Zusammenhänge zwischen den Schichten zu untersuchen. | 52 |
| 4.3 | Aufbau der Studie von Hegel et al. . Vor der eigentlichen Messung haben die Teilnehmer ihre Gegner gesehen und „kennengelernt“ (Roboter, Computer, Mensch und funktionaler Roboter (von links nach rechts)) . | 55 |
| 5.1 | Der Uncanny-Valley-Effekt: Akzeptanz des Roboters durch einen Menschen mit dem erwartbaren linearen Verlauf und dem tatsächlichen Verlauf.(Quelle: nature.com) | 62 |
| 5.2 | Aufbau des Modells für emotionale Angleichungsprozesse in der Interaktion mit einem sozialen Roboter | 63 |
| 5.3 | Diese schematische Darstellung beschreibt die Datenverarbeitung im untersten Layer des Modells. Die Sensordaten werden direkt auf die Aktuatoren des Roboters abgebildet. Des Weiteren werden die Informationen an die nächst höhere Ebene weitergegeben. | 65 |
| 5.4 | Diese schematische Darstellung beschreibt die Datenverarbeitung im mittleren Layer des Modells. Hier wird zunächst die Emotion erkannt und dient, zusammen mit dem Kontext, zur Auswahl eines Schematas, danach wird die erkannte Emotion an die nächst höhere Ebene propagiert. | 66 |
| 5.5 | Diese Abbildung zeigt die Oberfläche der EmotionMain-Komponente. Hier wird festgelegt, auf welchen Speicher zugegriffen und auf welche Events gehört wird. Zudem wird eingeblendet, ob und an welcher Position ein potentieller Spieler erkannt wurde. | 69 |
| 5.6 | Diese Abbildung zeigt den EmotionStrategySelector. Über diese Komponente kann während der Laufzeit des Systems festgelegt werden, welche Ebenen aktiv sind und wie die Ausgabe priorisiert wird. Ebenso wird hier die Ausgabe der 3 Ebenen eingeblendet. | 70 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.7 | In dieser Abbildung ist das Benutzerinterface der ersten Ebene dargestellt. In dieser GUI wird ausgewählt, welche Quelle als Eingabe für das System dient. Des Weiteren wird die Komponente hierüber gestartet und gestoppt. | 71 |
| 5.8 | Über dieses Benutzerinterface werden die Art der Kontext-Ereignisse ausgewählt. So wird festgelegt, welche Ereignisse Einfluss auf die Bestimmung der schematischen Reaktion haben. Ebenfalls wird die Komponente über diese GUI gestartet und gestoppt. | 72 |
| 6.1 | Eine Übersicht der drei Roboter, die für eine Evaluation des Modells zur Verfügung standen. | 75 |
| 6.2 | Übersicht der fünf emotionalen Gesichtsausdrücke von Barthoc Jr. (1) und Flobi (2) (aus [Hegel et al., 2010]) | 76 |
| 6.3 | Übersicht der Ergebnisse aus der Evaluation der Gesichtsausdrücke von Barthoc Jr. (1) und Flobi (2) (aus [Hegel et al., 2010]) | 77 |
| 6.4 | Übersicht der Ergebnisse aus der Evaluation der dynamischen Gesichtsausdrücke von Flobi | 77 |
| 6.5 | Eine Übersicht über die emotionalen Gesichtsausdrücke des Roboter Flobi. Die fünf Gesichtsausdrücke wurden in Form von kurzen Videos evaluiert. | 79 |
| 6.6 | Spielverlauf im implementieren Kinderspiel “Wer bin ich?”. | 81 |
| 6.7 | Der State Chart, der das implementiere Szenario definiert. | 82 |
| 6.8 | Der Aufbau, wie er zur Durchführung der Studie angeordnet war. Zur Illustration als Foto und als Skizze mit eingezeichneten Sensoren. | 87 |
| 6.9 | Der Ablauf beim strategischen Einsatz einer Emotion. Sobald eine strategische Emotion ausgelöst wird, wird die oben abgebildete Reaktion ausgelöst. | 89 |
| 6.10 | In diesem Diagramm Ergebnisse bezüglich der gefühlten Ähnlichkeit zwischen den Teilnehmern und dem Roboter. | 91 |
| 6.11 | Das Diagramm zeigt die Ergebnisse bezüglich der Ähnlichkeit zwischen Menschen und Flobi. | 92 |
| 6.12 | In diesem Diagramm sind die Bewertungen im Bezug auf die Lebendigkeit des Roboters dargestellt. | 93 |

| | | |
|------|--|----|
| 6.13 | Das Diagramm zeigt Einschätzung, wie liebenswürdig der Roboter wahrgenommen wird. | 94 |
| 6.14 | In diesem Diagramm sind die Ergebnisse bezüglich der Emotionen, die der Roboter ausgedrückt hat, dargestellt. | 95 |
| 6.15 | In diesem Diagramm ist die Einschätzung, wie intelligent, der Roboter wirkt dargestellt. | 96 |
| 6.16 | In diesem Diagramm ist die Einschätzung bezüglich der Aufgaben, welche der Roboter übernehmen könnte, dargestellt. | 97 |
| 6.17 | Die Ergebnisse bezüglich der Anzahl der Spiele und deren Ausgang. . . | 99 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Übersicht der Probanden-Gruppen und der empirischen Studien, die durchgeführt wurden, um die Zusammenhänge zwischen den Schichten zu untersuchen. | 51 |
| 6.1 | In dieser Tabelle sind die demographischen Daten der Teilnehmer aufgelistet. | 90 |

1 Einleitung

One cannot not communicate.

— Watzlawick

1.1 Motivation

Im alltäglichen Miteinander sehen wir verschiedenste Emotionen in fremden oder bekannten Gesichtern. Die Wahrnehmung derer wird durch vielerlei Faktoren beeinflusst. Dazu gehört unter anderem, ob es sich um eine bekannte Person handelt oder ob sie uns sympathisch erscheint. Für die soziale Interaktion ist es essentiell, dass wir diese Emotionen erkennen und auch deuten können [Harré and Gillett, 1994]. Unsere Kommunikation wird sogar maßgeblich durch Gefühle, unsere persönliche Haltung und der Einschätzung der Situation implizit beeinflusst [Hielscher, 2003] [Shepard et al., 2001]. Auf die Frage “Wie stellst du dir eine Welt ohne Emotionen vor?”, wird die Antwort immer Adjektive wie “farblos” oder “langweilig” enthalten. Wenn ein Roboter keinerlei soziale Signale äußern kann, ist die Mensch-Roboter Interaktion genauso farblos und häufig auch langweilig. Um das zu ändern, arbeiten seit mehreren Jahrzehnten Forscher aus unterschiedlichen Disziplinen gemeinsam daran, Roboter sozialer zu machen [Fong et al., 2003].

Ein humanoider Roboter sollte nicht einfach nur eine Maschine sein. Vielmehr sollte er ein aktiver Beteiligter sein. Er sollte sich darauf verstehen, den emotionalen Kontext, der eine Handlung begleitet oder sogar deren Ursache ist, zu erkennen und (pro-)aktiv einzuwirken. Dies erfordert, dass der Roboter nicht nur regelbasiert nach dem Aktion-Reaktions-Prinzip arbeitet. Er muss fähig sein, aus dem Auftreten bestimmter Merkmale oder Aktionen auf den inneren Zustand der Person zu schließen und dann mögliche Reaktion so bestimmen, dass dieser berücksichtigt wird. Es bedeutet aber nicht zwingend, dass der Roboter eine Art „Intelligenz“ entwickelt oder dem Menschen in seiner Fähigkeit, Hinweise über den emotionalen Zustand eines Gegenübers bewusst

oder unbewusst wahrzunehmen, ebenbürtig wäre. Aber er könnte flexibel und adaptiv reagieren, was schon wesentlich mehr wäre, als die meisten Roboter derzeit vermögen. In einer Studie konnten Eyssel und Kollegen [Hegel and Wrede, 2010] die Relevanz von Emotionen in der Mensch-Roboter Interaktion belegen. Sie konnten zeigen, dass Menschen einen Roboter bevorzugen, der Emotionen zeigt. Ein Grund dafür mag sein, dass wir von einem humanoiden Roboter ein ähnliches Verhalten erwarten, wie wir es von menschlichen Interaktionspartnern erwarten oder selbst zeigen [Weiss et al., 2011].

In der menschlichen Kommunikation gibt es Mechanismen, die unter bestimmten Voraussetzungen dazu führen, dass wir unsere Körperhaltung, die Art zu sprechen und unser gesamtes Verhalten an das Gegenüber anpassen [Pickering and Garrod, 2004]. Dazu zählt auch eine Angleichung auf der emotionalen Ebene der Kommunikation. Diese Mechanismen sind ein essentieller Teil der täglichen Kommunikation ([Fischer and van Kleef, 2010]; [Kraut and Johnston, 1979]).

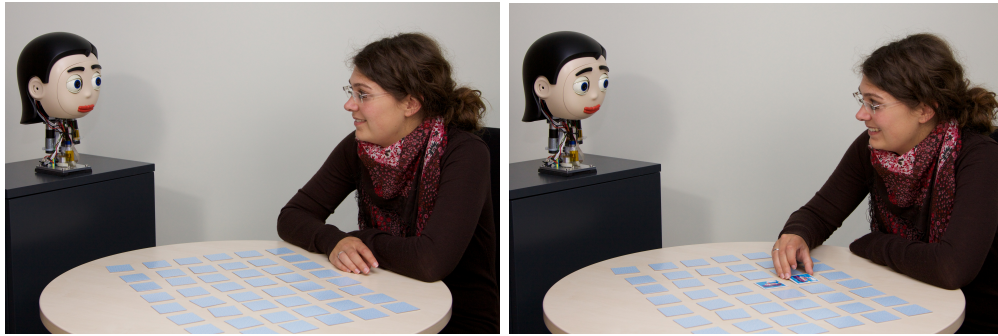
Es ist ebenso denkbar, einen sozialen Roboter so zu gestalten, dass es sein äußeres Erscheinungsbild und seine Art, mit einem Menschen zu interagieren, ermöglichen, ihn für Therapiezwecke einzusetzen. So konnte in einer Studie, in der den Teilnehmern ein Märchen von einem Menschen oder einem Roboter vorgelesen wurde, festgestellt werden, dass die Teilnehmer denen die Geschichte vom Roboter vorgelesen wurde, die anschließende Aufgabe wesentlich besser lösen konnten als die Teilnehmer die dem Menschen zugehört haben [Malchus et al., 2013a]. Kombiniert mit den Ergebnissen einer Studie, die mit einer Patientengruppe mit High Functioning Autismus (HFA) durchgeführt wurde, ist ein unterstützender Einsatz für die Verhaltenstherapie, in der der Erwerb neuer Verhaltensweisen bzw. der Aufbau sozialer Handlungskompetenz entsprechend der individuellen Lernmöglichkeiten des Patienten trainiert werden, denkbar. In der Studie konnte gezeigt werden, dass die Patienten mit HFA einem Roboter länger und intensiver in das Gesicht schauen und einem menschlichen Interaktionspartner bevorzugen.

Es wird schon viele Jahre daran gearbeitet, einen Roboter sozialer erscheinen zu lassen. Die ersten Modelle von artifiziellen Emotionen, wie zum Beispiel der Affektive Reasoner (AR) von Elliott [Elliott, 1992], sind in den frühen 90er Jahren entstanden. Der AR basiert auf einer Menge von ad hoc Regeln, mit dessen Hilfe eine affektive Reaktion errechnet wurde. Dieses Modell hatte nicht den Anspruch, eine psychologische Theorie zur Entstehung von Emotionen zu implementieren, vielmehr hat Elliott damit gezeigt, wie einfach es möglich ist, ein funktionierendes Modell zu entwickeln. Jüngere Modelle sind wesentlich komplexer und simulieren kognitiv aufwendige Theorien, wie

primäre und sekundäre Emotionen, oder Mechanismen wie Empathie. Mit WASABI hat Becker-Asano [Becker-Asano and Wachsmuth, 2010] ein System entwickelt, mit dem ein virtueller Agent primäre und sekundäre Emotionen berechnen und ausdrücken kann, aber auch eine längerfristige Emotion in Form einer *Stimmung* oder *Laune* simulieren kann. Das Modell von Boukricha [Boukricha and Wachsmuth, 2011] simuliert, basierend auf dem WASABI-System, Empathie zwischen zwei virtuellen Agenten.

Meines Erachtens gehen alle drei Modelle in die richtige Richtung. Ein System zum Simulieren von Emotionen sollte nicht übermäßig kompliziert sein, vielmehr sollte Wert auf die Glaubwürdigkeit der Reaktionen gelegt werden. Die Konzepte der primären und sekundären Emotionen sind für diese Glaubwürdigkeit sehr wichtig. Während mit den primären Emotionen eher eine aktuelle Gefühlslage vermittelt wird, ist eine sekundäre Emotion an eine weitere Person gerichtet oder wird durch eine weitere Person ausgelöst [Damasio, 1994]. Es wird angenommen, dass ein Roboter viel kooperativer und sozial kommunikativer wirkt, wenn er während der Interaktion mit dem Menschen emotionale Anpassung und Empathie simuliert. Das Ziel dieser Arbeit ist es nicht, ein System zu entwickeln, das einen emotionalen Zustand für einen Roboter modelliert. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf den Effekten, die Emotionen auf eine Interaktion zwischen Mensch und Roboter haben.

Diese Arbeit beschreibt ein System, welches autonom arbeitet und in der Lage ist, sich an den Interaktionspartner emotional anzugleichen. Es basiert auf einer Theorie, die den Ansatz von Davis [Davis, 1994] mit Forschungsergebnissen aus den Bereichen der Linguistik und Psychologie kombiniert. So ist ein drei-schichtiges Modell entstanden, welches in der Lage ist, den Prozess des emotionalen Alignment zwischen Mensch und Roboter zu simulieren. Die Prozesse auf den drei Ebenen unterscheiden sich in erster Linie in der kognitiven Komplexität. Sie decken Mimicry, schematische Reaktionen und den strategischen Einsatz von Emotionen ab. Der beispielhafte Ablauf einer emotionalen Interaktion mit einem Roboter ist in den Abbildungen 1.1 a - d dargestellt. Zu Beginn der Interaktion (Abbildung 1.1(a)) zeigt der Roboter nur automatische Reaktionen in Form von Mimicry. Diese führt gerade zu Beginn einer Interaktion dazu, dass der Roboter positiver wahrgenommen wird. Im Verlauf der Interaktion nimmt der Roboter wahr, dass sich der Mensch über gefundene Paare freut und freut sich für ihn mit (Abbildung 1.1(b)), im Modell wird das als eine schematische Reaktion realisiert. Wenn der Roboter dann im späteren Verlauf der Interaktion realisiert, dass er das aktuelle Spiel verliert (Abbildung 1.1(c)), reagiert er mit einem traurigen Gesichtsausdruck. Dieser



(a) Das Spiel startet, der Roboter zeigt, wie der menschliche Mitspieler, einen glücklichen Gesichtsausdruck (Mimicry).
 (b) Während des Spiels reagiert der Roboter auf die Freude des menschlichen Spielers und freut sich mit (schematisch).



(c) Im weiteren Verlauf des Spiels sammelt der Spieler mehr Paare als der Roboter und freut sich darüber. Da der Roboter nun verliert zeigt er einen traurigen Gesichtsausdruck (konzeptuell, strategisch)

Abbildung 1.1: Ein exemplarischer Ablauf einer Interaktion mit dem Roboter in Form eines Spiels. Der Roboter reagiert auf unterschiedliche Art, aber immer passend zur aktuellen Spielsituation.

Gesichtsdruck kann unterschiedliche Quellen haben, zum einen kann es den (berechneten) emotionalen Zustand des Roboters darstellen, es kann aber auch der Versuch sein, den Mitspieler gezielt zu beeinflussen. Dieser strategische Einsatz eines emotionalen Gesichtsausdrucks bietet wiederum verschiedene Möglichkeiten:

1. Der Mensch nimmt diesen emotionalen Gesichtsausdruck wahr, ignoriert diesen aber und setzt die ursprüngliche Handlung fort.
2. Der Mensch nimmt diesen emotionalen Gesichtsausdruck wahr und reagiert drauf, indem er auch traurig schaut und Mitgefühl zeigt.
3. Der Mensch nimmt diesen emotionalen Gesichtsausdruck wahr und reagiert drauf, indem er bewusst oder unbewusst seine Strategie beim Ziehen der Karten ändert.

Das System wurde in einer Benutzerstudie mit 80 Teilnehmern systematisch evaluiert. Der genaue Zusammenhang zwischen emotionalem und kommunikativem Alignment wird im Kapitel 2.7 hergeleitet. Im folgenden Kapitel werden die notwendigen Grundlagen in den Bereichen soziale Robotik und der Emotionstheorie geschaffen.

1.2 Ziele der Arbeit

Wie Eingangs des Kapitels schon besprochen, gibt es viele unterschiedliche Roboter und virtuelle Agenten, die in der Lage sind, Emotionen darzustellen. Zum Teil liegen diesen Ausdrücken komplexe Algorithmen und Theorien zugrunde, zum Teil werden die Emotionen über Regeln ausgewählt. Wie komplex das System auch immer ist, das Ziel ist, die Interaktion mit dem System zu verbessern.

1.2.1 Verbessern der Mensch-Roboter Interaktion

Das hier beschriebene und entwickelte System soll dazu dienen, die Interaktion mit dem Roboter glaubwürdiger, einfacher und angenehmer zu gestalten. Dazu wurden verschiedene Mechanismen aus der Mensch-Mensch Interaktion untersucht und in ein Modell überführt. Dieses Modell wurde auf einem Roboter implementiert und evaluiert. Bereits 1997 argumentierte Picard, dass Maschinen selbst Emotionen zeigen können sollten, um so den Erwartungen des Menschen besser zu entsprechen [Picard, 1995]. Der Roboter müsste eigene Emotionen haben und diese ausdrücken können oder er müsste in der Lage sein, die des Menschen glaubhaft zu imitieren. In dieser Arbeit

werden Emotionen situationsangemessen geäußert. Das bedeutet, dass eine emotionale Reaktion auf drei unterschiedliche Arten berechnet wird und dann situationsabhängig entschieden wird, welche Emotion geäußert wird. Dies führt dazu, dass der Roboter als freundlicher wahrgenommen wird und dass der Interaktionspartner mehr Zeit mit ihm verbringt.

1.2.2 Integration interdisziplinärer Forschungsergebnisse

Um eine Architektur zu entwerfen, die die Umsetzung eines Modells für emotionale Angleichungsprozesse erlaubt, müssen unterschiedliche Disziplinen und Fachgebiete, u.a. Informatik (Künstliche Intelligenz, die Robotik, Datamining usw.), Psychologie (Wahrnehmung, Kognition, zwischenmenschliche Psychologie usw.), Ergonomie und Philosophie betrachtet werden. Sie alle sind involviert, wenn ein so komplexes Thema wie emotionale Interaktion mit Roboters ergiebig und ausführlich betrachtet werden soll. Aktuelle Forschungsergebnisse der beteiligten Disziplinen, insbesondere der Linguistik, sollen in die Entwicklung des Modells einfließen.

1.3 Forschungsfragen dieser Arbeit

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist der Entwurf und die Implementation eines Modells zur Integration von emotionalen Angleichungsprozessen in die Mensch-Roboter Interaktion. In der täglichen Interaktion gleichen sich Menschen mehr oder weniger bewusst emotional aneinander an. Dies führt dazu, dass wir uns in andere Menschen hineinversetzen können und so auf ihre emotionale Zustände eingehen können. Es wird angenommen, dass diese Angleichung auf Prozessen mit unterschiedlicher Komplexität basieren. Die Fragen, die diese Arbeit stellt, sind **1.** in welche Prozesse lässt sich diese emotionale Angleichung aufteilen und **2.** lassen sich diese Prozesse in einem technischen System realisieren und **3.** hat die Integration dieser Prozesse einen Einfluss auf die Mensch-Roboter Interaktion.

Um diese Fragen anzugehen, wurden mehrere Studien durchgeführt. Mit deren Hilfe sollten die unterschiedlichen Prozesse identifiziert und beschrieben werden. Diese Prozesse sollen dann in einem Computermodell für die Simulation von emotionalen Angleichungsprozessen in der Mensch-Roboter Interaktion (HRI) vereint und systematisch evaluiert werden. Auf diese Art soll gezeigt werden, dass die Integration von Angleichungsprozessen in der HRI zu einer Verbesserung dieser führt.

1.4 Abgrenzung zu anderen Systemen

Bei den meisten Modellen von artifiziellen Emotionen wird versucht, dem Roboter einen emotionalen Zustand zu geben. Diese Modelle basieren dann etwa auf anatomischen Ansätzen wie bei Velasquez und Kollegen [Velásquez, 1998b], oder auf Appraisal- und dimensional Theorien. Ein Beispiel für die Appraisal-Theorie ist das EMA-Modell von Marsella und Gratch [Marsella and Gratch, 2006]. Dem Modell liegt die Annahme zu Grunde, dass die Reaktion auf der Wahrnehmung und den daraus gezogenen Schlussfolgerungen basiert. Anders als das hier vorgestellte Modell geht das EMA-Modell davon aus, dass ein Prozess für die Generierung von Emotionen ausreichend ist.

Das Modell ALMA von Gebhard verfolgt einen dimensional Ansatz [Gebhard, 2005]. Mit ALMA wurden drei maßgebliche Charakteristika von menschlichen Affekten implementiert. Dazu gehören Emotionen, Stimmung und Persönlichkeit, damit werden kurzzeitige, mittellange und langanhaltende Affekte simuliert. Das Modell basiert auf den drei, von Mehrabian vorgeschlagenen, Merkmalen *pleasure, arousal, dominance*.

Die WASABI-Architektur von Becker-Asano [Becker-Asano and Wachsmuth, 2010] kombiniert Appraisal und dimensionale Theorien miteinander. Er modelliert so sekundäre Emotionen mit Hilfe des PAD-Raums und primäre Emotionen in einem System. Aus der Sicht der kommunikativen Wirkung von Emotionen muss man festhalten, dass das Ausdrücken von Emotionen zwei Aufgaben erfüllt. Zum einen wird der Interaktionspartner über den eigenen Zustand informiert, des Weiteren bewirkt das Ausdrücken einer Emotion auch gleich eine Veränderung im Verhalten meines Gegenübers.

Es gibt Modelle für multimodale Mimicry zwischen Mensch und Roboter (z.B. [Caridakis et al., 2007]). Die Reaktion wird dabei in einer Loop aus Wahrnehmung, Interpretation, Planung und generieren der Äusserung realisiert. Andere Modelle realisieren ein Empathie-Modell für einen Roboter [Paiva et al., 2011] oder einen virtuellen Agenten [Boukricha and Wachsmuth, 2011].

Das hier vorgestellte Modell soll nicht nur eines der oben genannten Phänomene modellieren, sondern dem Roboter ermöglichen, sich dem menschlichen Gegenüber emotional anzupassen. Dazu wurde ein Modell entworfen, das die drei Phänomene Mimicry, emotional Contagion und Empathy aus der Mensch-Mensch Interaktion auf die Mensch-Roboter Interaktion überträgt.

1.5 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in 8 Kapitel unterteilt. An dieser Stelle wird der Inhalt der Kapitel kurz umrissen.

2. Kapitel

Dieses Kapitel gibt eine kurze Einführung in die soziale Robotik. Im Anschluss daran wird ein kurzer Rückblick auf die Erforschung von menschlichen Emotionen gegeben. Im folgenden werden die verschiedenen psychologischen Theorien für Emotionen und deren Zusammenhang mit der Kognition erläutert. Im weiteren Verlauf werden die Theorien zu Angleichung in der menschlichen Kommunikation im Allgemeinen und der emotionalen Angleichung im Speziellen vorgestellt. Ein besonderer Augenmerk liegt dabei auf dem Modell von Davis, welches eine Grundlage für das vorgestellte Modell bildet.

3. Kapitel

An dieser Stelle werden verwandte und ähnliche Systeme vorgestellt. Dabei werden unter anderem mimicry- und empathiebasierte Ansätze erläutert, diese Theorien bilden einen wichtigen Teil des vorstellten Modells.

4. Kapitel

Der Entwurf des Modells mit einem Überblick über die durchgeführten Studien, die die empirische Basis für das Modell bilden und die Funktionen der unterschiedlichen Ebenen des Modells werden motiviert und erläutert.

5. Kapitel

Dieses Kapitel beschreibt die implementierten Komponenten und deren Funktion. Dazu wird der Aufbau der Implementation und wie die einzelnen Komponenten miteinander interagieren, beschrieben.

6. Kapitel

Die Evaluation des Systems wird in Kapitel 6. beschrieben. Bevor die eigentliche Evaluation beschrieben wird, wird zunächst die Wahl des Roboters motiviert und die Evaluation seiner emotionalen Gesichtsausdrücke erläutert. Im Weiteren wird sowohl das Szenario als auch die eigentliche Durchführung erläutert. Abschliessend werden die Ergebnisse und deren statistische Auswertung vorgestellt.

7. Kapitel

Die Arbeit schliesst ab mit der Diskussion der Ergebnisse aus der Evaluation und deren Auswirkung auf das Modell. Zudem werden die Forschungsfragen aus der Einleitung aufgegriffen und diskutiert.

2 Theoretischer Hintergrund

*Jeder weiß, was eine Emotion ist, bis er
gebeten wird, eine Definition zu geben.*

— Fehr und Russell (1984)

Die soziale Robotik ist ein noch relativ junges und sehr spannendes Forschungsfeld. Es vereint viele Disziplinen miteinander, um die Interaktion mit Robotern natürlicher und einfach zu gestalten. Im folgenden Kapitel wird der für diese Arbeit notwendige theoretische Hintergrund aufgebaut. Dazu wird zunächst das Feld der sozialen Robotik vorgestellt, bevor die verschiedenen Emotionstheorien diskutiert werden. Abschliessend wird noch die Verbindung von Emotionen und Kognition beschrieben.

2.1 Soziale Interaktion

*Interaktion: „Aufeinander bezogenes Handeln zweier oder mehrerer
Personen“
oder
„Wechselbeziehung zwischen Handlungspartnern“ [Kraif and Rat, 2007]*

In der Interaktion mit anderen Menschen nutzen wir bewusst und unbewusst verbale und non-verbale Kanäle. Ganz selbstverständlich benutzen wir unsere erlernte Sprache und unterstützen sie durch den Einsatz von Gesten. Wir benutzen Blicke, um die Aufmerksamkeit unseres Interaktionspartners zu leiten oder Gesichtsausdrücke, um unsere Zustimmung oder Ablehnung zu einem Thema auszudrücken.

Der Definition zufolge ist eine Interaktion das aufeinander Einwirken von zwei oder mehr Akteuren. Sie existiert nur für den Moment des Handelns und umfasst eine soziale Dimension, eine wechselseitige Beeinflussung der Interaktanten. Nach Luhmann entsteht aus dem aufeinander bezogenen Verhalten der Anwesenden, bei wechselseitiger Sichtbarkeit, ein Interaktionssystem [Luhmann and Baecker, 2002]. Unter diesen

Voraussetzungen könne man nicht verhindern, dass der Interaktionspartner das eigene Verhalten als Kommunikation verstehe. Dieses geschieht genau dann, wenn dem Verhalten eines Teilnehmers von einem Interaktanten eine Information abgewonnen wird. In jeder Handlung oder Nichthandlung des Partners wird dann eine Mitteilung interpretiert. Es kommt also nicht nur darauf an, was einem der Akteur mitteilen möchte, sondern auch, was der Rezipient wie versteht. Der Empfänger wird die wahrgenommene Nachricht auf den eigenen Erfahrungshorizont projizieren, sie so interpretieren und dem Sender diese Interpretation zuschreiben.

2.1.1 Soziale Roboter

Was macht Roboter sozial? Auf diese Frage gibt es viele Antworten. Es gibt unterschiedliche Ansätze, die versuchen, einen Roboter sozial zu machen oder ihn zumindest sozial erscheinen zu lassen. Für Dautenhahn und Kollegen sind *social robots* Teil einer heterogenen Robotergemeinschaft. In diesen Gruppen ist das einzelne Individuum mit seinen Fähigkeiten und Verhaltensmustern von Bedeutung, dies macht die Stärke und den Erfolg der Gemeinschaft aus. Soziales Verhalten wird hier soziokulturelle Umgebungen gefördert.

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. [Fong et al., 2003]

Nach dieser Definition sind an einen *social/sociable robot* hohe Anforderungen gesetzt. Für einen solchen Roboter sind Lernfähigkeit und Imitation sozialer Verhaltensweisen, Bewegungen/Gestik, mimische Ausdrücke, natürliche Sprachverarbeitung und -generierung, Verständnis und Verarbeitung von Emotionen sowie Erkennung von anderen Robotern wichtig.

In ihrer Arbeit unterscheidet Breazeal [Breazeal, 2004a] den *sociable robot* ganz klar anhand seines Einsatzgebietes: ein Roboter als Werkzeug, als Körpererweiterungen (Exo-Skelette) oder als Avatar. Für sie ist der *sociable robot* ein sozialer Partner des Menschen und sie sagt

„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“

Schon an diesen beiden Beispielen erkennt man, dass es ganz unterschiedliche Definitionen und Interpretationsansätze des Begriffs *social* gibt. Bisher wurde dieser Begriff immer nur auf Lebewesen bezogen.

Generell lassen sich soziale Roboter auf zwei Ebenen definieren und beschreiben. Auf einer Ebene werden die Roboter anhand ihres Verhaltens definiert. Es werden also nicht die Roboter selbst, sondern deren Umwelt beschrieben.

- Der Begriff *sozial* ist zwingend auf mehrere Individuen zu beziehen und „soziales Verhalten“ oft nur durch die Interaktion mit anderen Individuen festzustellen.
- Soziales Verhalten kann mittelbar/indirekt oder unmittelbar/direkt ausgeübt werden und auch festgestellt werden.
- Soziale Roboter in einer Gruppe, die gemeinsam eine so genannte „community task“, also Gemeinschaftsarbeit bewältigen sollen.

Die zweite Ebene beschäftigt sich dann mit dem Roboter selbst und hinterfragt, was einen sozialen Roboter ausmacht. Hier werden die unterschiedlichen Intentionalitäten von *social robots* differenziert.

- Informative Roboter, Unterhaltungsroboter oder Guides, die in bestimmten Umgebungen zur Informationsvermittlung eingesetzt werden (Museen, Hotels).
- Pflegeroboter sind zum Beispiel Service-Roboter in Krankenhäusern und unterstützen dort bei der Mobilisierung von älteren Menschen, zur Basisversorgung, aber auch immer mehr Form von künstlichen Haustieren, um so die pädagogisch-therapeutischen Vorteile vom Umgang mit Haustieren zu erzielen.
- Spielzeugroboter, sie dienen der Unterhaltung und gegebenenfalls der Gemeinschaftsbildung
- Kommunikationsagenten oder Roboter-Avatare geben Internetnutzern die Möglichkeit, sich ein elektronisches Äußeres zu geben.
- Roboter-Assistenten können persönliche Helfer im täglichen Aufgabenbereichen sein. Aber auch in unfreundlichen Umgebungen, wie der Robotnaut, der der NASA als Assistent für Astronauten entwickelt wurde.

Es gibt mittlerweile einen Wechsel aus rein objektiven Umgebungen hinein in die subjektive und emotionale Welt des Menschen. So haben Pflegeroboter den Intimbereich des Menschen erreicht, während Spielzeugroboter eher auf eine emotionale Interaktion ausgerichtet sind.

Wir Menschen sind sozial ausgerichtet [BREAZEAL, 2003b], wir nutzen unsere sozial-emotionale Intelligenz instinktiv in allen Lebensbereichen und da wir den Einsatz über Generationen gelernt haben, profitieren meist von ihr. Werden wir aber mit komplexen nicht-lebendigen Dingen konfrontiert und sind deren Funktionsweise komplex und nicht auf den ersten Blick erkennbar, so wenden wir instinktiv ein soziales Modell an. Dies soll helfen, die Funktionsweise oder Verhaltensweise zu erklären [Reeves and Nass, 1997].

Reeves und Nass konnten ebenfalls zeigen, dass unser eigenes Verhalten stark reziprok ist, was die Interaktion mit Maschinen (in diesem Fall in der Interaktion mit Computern) angeht. Wir reagieren also freundlich, wenn ein Computerprogramm freundlich wirkt und umgekehrt unfreundlich oder abweisend, wenn ein Computerprogramm diese Eigenschaften zeigt.

Breazeal [Breazeal, 2004b] und Dautenhahn [Fong et al., 2003] fügen eine weitere, dritte Definitionsebene bezüglich *social robotics* hinzu und differenzieren darin sechs Unterarten dieser Roboter-Form:

- Sozial-evokativ, diese Roboter zielen aktiv darauf ab, den Menschen zur Anthropomorphisierung zu motivieren. Dies geschieht in den meisten Fällen anhand von klassischen „Opfer-Täter-Mechanismen“. Hier wird der Roboter als hilfsbedürftig und von der Zuwendung der Menschen abhängig dargestellt (z.B. Tamagotchis).
- Sozial-kommunikativ, diese Roboter haben dem Menschen angepasste, meist paralinguistische Kommunikationsmechanismen wie Aussehen, Gestik oder Mimik. Die soziale Interaktionskompetenz wird hier in erster Linie durch die Schnittstelle (interface) simuliert. Komplexe kognitive Kompetenzen sind nicht unbedingt notwendig. Beispiele sind die Informativen Roboter in Museen.
- Sozial-rezeptiv, sie sind zwar sozial passiv und initiieren nicht selbstständig Dialoge oder Handlungen. Sie können aber vom Menschen lernen und weisen kognitive Fähigkeiten auf einer tieferen Ebene auf als beispielsweise sozial-kommunikative Roboter. Sozial-rezeptive Roboter zeichnen sich dadurch aus, dass sie motorische Fähigkeiten durch Imitation von menschlichen Bewegungsabläufen lernen oder in der Robotergemeinschaft eigene Proto-Sprachen entwickeln. Ein bekanntes Beispiel sind die Roboter von Steels.

- Sozial-kooperativ, hierbei handelt es sich um sozial-kooperative Roboter mit eigenen inhärenten Zielen und Motivationen, sie beziehen aktiv den Menschen in sozial-kooperative Interaktionen ein. Dies kann zu Gunsten der entsprechenden Person oder zu Gunsten des Roboters selbst geschehen. Diese Unterklasse beansprucht zudem komplexe Modelle sozialer oder empathischer Kognition. Sie wird von Breazeal und Dautenhahn auch *sociable* genannt
- Sozial-situiert, diese Kategorie wurde durch Dautenhahn definiert. Der Roboter hat die Fähigkeit, die Umwelt differenziert wahr zu nehmen. Es müssen andere Roboter oder Menschen von einfachen Objekten oder Umweltfaktoren unterschieden werden können. Dabei wird davon ausgegangen, dass der sozial-situierte Roboter in eine soziale oder gesellschaftliche Umgebung eingebettet ist und diese aufnehmen sowie auf sie reagieren kann.
- Sozial-intelligent, diese Roboter weisen eine dem Menschen zugerichtete soziale Intelligenz (Empathie) auf. Diese Modelle basieren auf der Struktur von menschlicher Kognition und sozialer Kompetenz.

2.1.2 Diskussion

Zusammenfassend kann man sagen, dass es eine Kombination aus vielen Faktoren und Fähigkeiten ist, die einen Roboter als sozial erscheinen lassen. Eine große Rolle dabei spielt der Benutzer, der dem Roboter gegenüber sitzt, seine Wahrnehmung entscheidet, ob der Roboter sozial erscheint oder nicht. Ebenso eine wichtige Rolle spielen die Erwartungen, die ein Mensch an einen humanoiden Roboter hat. Um diesen Erwartungen gerecht zu werden, spielt die Fähigkeit, einen Dialog zu führen und angemessene Emotionen auszudrücken, eine große Rolle.

2.2 Emotionen in der Kommunikation

Wie das Zitat zu Beginn dieses Kapitels schon angedeutet hat, es gibt eine große Anzahl mehr oder weniger unterschiedlicher Definitionen von Emotionen. Für die vorliegende Arbeit definieren wir den Begriff Emotionen als eine Kombination aus physischen Komponenten, mentalen Komponenten und Verhaltenskomponenten. Entsprechend der dimensionalen Theorien lassen sich Emotionen durch die drei Achsen *Pleasure*,

Arousal und *Dominance* beschreiben, sind aber nicht exakt durch sie definiert.

Man nimmt an, dass die Fähigkeit zur Kommunikation und die Fähigkeit Emotionen auszudrücken eng miteinander verknüpft sind, wenn nicht sogar direkt verbunden [Lewis, 2000]. Anlass zu dieser Vermutung gibt die Tatsache, dass die Fähigkeit zur Kommunikation und das Erleben von Emotionen möglicherweise bereits in Kleinkindern fest miteinander verbunden sind. Wie Lewis festhält

there is some discussion as to the number of discrete emotions that are visible

aber

discrete emotional expressions can be seen in infants at very young ages

(Seite 271)

Auch Neugeborene haben die Fähigkeit, Emotionen zu zeigen und zu erkennen, zum Beispiel wenn sie auf emotionale Signale ihrer Eltern reagieren [Tronick, 1989].

In seiner Arbeit geht Panksepp davon aus, dass den verschiedenen Emotionen auch neuronale Schaltkreise zugrunde liegen. Diese ziehen teils überlappende, teils spezifische Hirnstrukturen und neurochemische Systeme mit ein [Panksepp, 2000]. In diesem System sind Emotionen durch sieben Attribute definiert:

- die zugrunde liegenden neuroanatomischen Verbindungen
- ihren Einfluss auf unser Motorsystem
- ihren Einfluss auf unsere Wahrnehmung
- ihre neurodynamischen Eigenschaften
- ihren Einfluss auf unser Lernverhalten
- die Interaktion mit anderen Funktionen im Gehirn
- die affektive Valenz

Dieser Liste muss man manchen Autoren zufolge noch ein weiteres Element hinzugefügt werden, die interpersonale, soziale Komponente (z. B. [Hess and Kirouac, 2000]; [Mesquita et al., 1997]; [Ulich, 2003]). Die kommunikative Komponente hat einen großen Einfluss auf den Gesichtsausdruck, die Körpersprache und auch die Sprechmelodie (z. B. [Banse and Scherer, 1996]; [Scherer and Ekman, 1984]). Hess und Kirouac nehmen an, dass die Appraisal-Theorie eine gute Grundlage ist, um die biologischen,

die neuro-psychologischen und auch sozialen Aspekte von Emotionen miteinander zu vereinen.

Hess und Kollegen schlagen vor, dass

the basic emotion process is biologically grounded and universal, but that the type of events attended to, the appraisal of these events, and the relevant norms for behaviour may vary as a function of culture, gender, relative power status, and the relationship between the interaction partners [Hess and Kirouac, 2000].

Sie nehmen also an, dass sowohl das Ausdrücken als auch das Wahrnehmen von Emotionen einem starken kulturellen Einfluss unterliegt. Die kulturellen Faktoren beeinflussen das Verständnis der Bedeutung von Emotionen, die Entwicklung des Wissens darüber, welche Situationen zu welchen Emotionen führt und auch das Erlernen, welche Emotion in welcher Situation angebracht ist und welche nicht. Zudem werden in unterschiedlichen Kulturen unterschiedlich viele oder wenige Emotionen ausgedrückt.

Die zwischenmenschliche Kommunikation und insbesondere die soziale Kommunikation mit anderen Menschen ist weit mehr als das einfache Austauschen von Informationen. Sie ist geprägt durch affektive Prozesse, Gefühlszustände und Emotionen, die durch bestimmte Anlässe ausgelöst werden. Den emotionalen Inhalt einer Äußerung zu verstehen und auf eine passende Art und Weise darauf zu reagieren, sind grundlegende Fähigkeiten von fast allen Menschen. Dabei ist es ein sehr komplexer Prozess, um zu einer adäquaten Reaktion kommen, müssen viele Informationen aus den verbalen, den non-verbalen und den paraverbalen Teilen der Nachricht berücksichtigt werden.

2.3 Historie der Emotionsforschung

Wie wäre eine Welt ohne Emotionen? Das ist eine Frage, die man sich in der Art nicht unbedingt stellt. Vielmehr erfreuen wir uns jeden Tag über die sichtbaren Merkmale von Emotionen. Dabei ist es nicht entscheidend, von wem diese Äußerung kommt, es kann sich dabei um jemanden aus der Familie, dem engeren Freundeskreis oder aber auch um eine vollkommen unbekannte Person handeln. Jedes Lächeln hat genauso wie jedes traurige Gesicht eine Wirkung auf uns.

In der zwischenmenschlichen Kommunikation werden die Begriffe Stimmung, Gefühle und Emotionen häufig durcheinander geworden oder ambig eingesetzt. Damit dies in

der vorliegenden Arbeit nicht geschieht, ist es wichtig, diese Begriffe eindeutig zu definieren. Unter einer Emotionen verstehen wir eher kurze, intensive (im Gegensatz zu Gefühlen) und nach aussen gerichtete (im Gegensatz zu Gefühlen) Affekte. Sie haben eine Ausdrucksdimension, eine körperliche Dimension und eine motivationale Dimension.

Das gesamte Gefühlsleben, egal ob Emotionen oder länger anhaltende Gefühle, ob bewusst oder unbewusst, interagiert auf unterschiedlicher Weise mit vielen kognitiv komplexen Prozessen wie dem Steuern der Aufmerksamkeit, dem Lösen von Problem und dem Fällen von Entscheidungen und auch der Sprache und der Kommunikation im Allgemeinen [Hielscher, 2003].

Die Forschung im Bereich von Emotionen und deren Ausdruck geht zurück bis Aristoteles und Platon [Brungs et al., 2008]. Seiner Zeit nahm man an, dass Affekte und Sehnsüchte die Balance des Geistes stören und dadurch die Gesichtsausdrücke resultieren.

Hier eine Übersicht der bekanntesten Philosophen und Psychologen, die bedeutende Beiträge zur Erforschung von Emotionen geleistet haben:

- Platon (427 - 347 v. Chr.) teilt in vier Kategorien ein: Lust, Leid, Begierde, Furcht.
- Aristoteles (384 - 322 v. Chr.) charakterisiert elf Affekte: Begierde, Zorn, Furcht, Mut, Neid, Freude, Liebe, Hass, Sehnsucht, Eifersucht und Mitleid
- Zenon von Kiton (333 - 264 v. Chr.), vier Grundarten von Affekten: Lust, Unlust, Begierde, Furcht.
- René Descartes (1596 - 1650) sechs Grundformen von Affekten: Freude (joie), Hass (haine), Liebe (amour), Trauer (tristesse), Verlangen (désir), Bewunderung (admiration).
- Kant (1724 - 1804) schied zuerst Affekt und Leidenschaft deutlich, den Affekt muß der Mensch zähmen, die Leidenschaft beherrschen, jenes macht ihn zum Meister, dieses zum Herrn über sich selbst.
- Charles Darwin (1809 - 1882) Darwin zufolge werden Emotionen durch kognitive Einschätzungen von Ereignissen oder Sachverhalten verursacht. Durch diese emotionalen Gefühle werden in Gesichtsausdrücken wiedergespiegelt.
- Wilhelm Wundt (1832 - 1920) sthenischen Affekte: Wut, Zorn, Eifer gezählt und asthenischen Affekte Angst, Furcht oder Schrecken

- Paul Ekman (*1934) erbliche Bedingtheit zahlreicher emotionaler Ausdrucksformen, sieben Basisemotionen: Fröhlichkeit, Wut, Ekel, Furcht, Verachtung, Traurigkeit und Überraschung

2.4 Psychologische Modelle

Die psychologischen Ansätze kann man ganz grob in zwei große (und mehrere kleine) Lager unterteilen. Zum einen der Ansatz der *Appraisal* Theorien, dem gegenüber stehen die *Dimensionalen* Theorien. Zudem gibt es noch weitere Ansätze, auf diese wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen [Marsella et al., 2010].

In Zusammenhang mit Emotionen wurde der Begriff *Appraisal* von Arnold [Arnold, 1969] eingeführt. Das Neue daran war, dass zu den physiologischen Reaktionen ein weiterer Schritt zur Entstehung von Emotionen hinzugefügt wurde: Die Interpretation und Bewertung der aktuell vorherrschenden Situation.

2.4.1 Basisemotionen oder primäre Emotionen

Die Vertreter dieser Theorien argumentieren für eine gewisse Menge an Basis- oder primären Emotionen. Gestützt wird diese Annahme durch die evolutionär, angeborene Fähigkeit des Menschen, gewisse Emotionen auszudrücken, ohne sie vorher gesehen zu haben [Ekman, 1992];[Izard, 1993]. Dazu zählen die Emotionen **Wut, Ekel, Angst, Freude, Trauer** und **Überraschung**, sie wurden in verschiedenen Studien zwischen ethnischen Gruppen oder bei kleinen Kindern ermittelt. Der Theorie zufolge hat jede Emotion eine bestimmte (biologische oder soziale) Funktion, diese wird dann in bestimmten Kontexten aktiviert. Diese Emotionen werden verfeinert und neue kommen durch emotionale Entwicklung hinzu. Ein große Rolle spielen dabei soziale Kontakte und soziale Interaktionen [Ekman, 1992].

Es wird angenommen, dass Emotionen einen Einfluss auf die Prozesse haben, die das Wahrgenommene priorisieren und Reaktionen darauf koordinieren. Gemäß mehrerer Vertreter dieser Theorie gibt es ein System, das die wahrgenommenen Dinge in Bezug auf das Wohlergehen, die Pläne und Ziele eines Menschen bewertet [Levenson, 1994];[Izard, 1994];[Frijda, 1994]. Nach Scherer werden in diesem Bewertungsprozesse die affektiven Ereignisse mit Rücksicht auf Neuheit, ihre Wichtigkeit im



Abbildung 2.1: Die sieben Basis-Emotionen, die Ekman empirisch nachgewiesen hat und die kulturunabhängig erkannt werden

Bezug auf die eigenen Ziele und ihre Normkonformität hin bewertet [Scherer, 1994]. Die wahrnehmbaren Komponenten von Emotionen, egal ob prosodisch, gestisch oder über die Körperhaltung, haben eine wichtige Funktion, wenn der aktuelle Gefühlszustand an andere Personen vermittelt werden soll. Levenson [Levenson, 1994] stellt zwei Vorteile dafür heraus, zum einen, dass der Mensch so seine Gefühle teilen kann, des Weiteren kann der Mensch so auch das Verhalten eines anderen gezielt beeinflussen. Als Beispiel kann man hier ein weinendes Kind anführen, sobald ein Erwachsener es wahrnimmt, wird er sich um das Kind kümmern. Nach Darwin [Darwin, 1872] geht die Entwicklung dieser emotionalen Signalfunktionen auf die Evolution zurück, sie hat sich aufgrund ihrer kommunikativen Wirksamkeit durchgesetzt.

2.4.2 Appraisal Theorien

Die kognitiven Einschätzungstheorien oder Bewertungstheorien der Emotionen (cognitive appraisal theories, appraisal theories) sind seit ungefähr 25 Jahren die vorherrschenden Theorien. Im weiteren Verlauf wird der Begriff des *Appraisal* anstelle einer deutschen Übersetzung benutzt. Somit ist deutlich, dass mit dem Begriff ein emotionspsycho-

logischer Fachbegriff gemeint ist, die deutschen Übersetzungen „Einschätzung“ können in vielen Fällen irreführend sein.

Eingeführt wurde der Begriff *Appraisal* in den 1960er Jahren von Arnold [Arnold, 1969], er fügte den physiologischen Reaktionen einen weiteren Schritt zur Entstehung einer Emotion hinzu, die Interpretation und Bewertung der Situation. Zugleich ist es eine Theorie, die sich auf künstlichen Systemen relativ gut implementieren lässt. Ein großer Teil der Modelle für künstliche Emotionen basiert auf diesem Ansatz (siehe Kapitel 3).

Den Appraisal-Theorien zufolge entstehen Emotionen durch das individuelle Abschätzen und Bewerten von Ereignissen, den individuellen Bedürfnissen und Intentionen. Dieser Zusammenhang wird auch das Personen-Umfeld Verhältnis genannt [Lazarus, 1991].

Im Modell von Lazarus wird der Prozess der Bewertung in drei Stufen unterteilt. Während des primären Appraisal (primary appraisal) werden Situationen als positiv, irrelevant oder negativ (stressinduzierend) bewertet werden. Die als negativ valenziierten Situation werden wiederum in drei Kategorien eingeteilt, als *Herausforderung*, als *Bedrohung* oder als *Schädigung*.

Im sekundären Appraisal (secondary appraisal) wird entschieden, ob sich die gegebene Situation mit den verfügbaren Ressourcen bewältigen lässt. Sollte dies nicht der Fall sein, so wird eine Stressreaktion ausgelöst. Für diese wird eine Bewältigungsstrategie entworfen (coping), diese ist individuell abhängig von den kognitiven Strukturen der Person und der Situation im Ganzen. Aus den Erfolgen und Misserfolgen lernt die Person und kann so später entsprechende Bewältigungsstrategien gezielt einsetzen.

Bei der Neubewertung (reappraisal) wird der Erfolg der zuvor angewendeten Bewältigungsstrategie bewertet, so ist eine dynamische Anpassung an neue Situationen möglich. Abhängig vom Erfolg einer Strategie kann sich die primäre Bewertung verändern, diese Veränderung wird „Reappraisal“, oder „Neubewertung“, genannt.

Generell gehen die Appraisal-Theorien davon aus, dass die Bewertung einer Situation zum Entstehen einer Emotion führt oder zumindest zu den physiologischen, kognitiven und Verhaltensveränderungen, die wir mit Emotionen in Verbindung bringen. In manchen Theorien werden bestimmten Kombinationen von Bewertungen, körperlichen Empfindungen und subjektiven Erfahrungen eine spezifische Emotion als diskreter Zustand zugeordnet [Ellsworth, 2003]. Der größte Teil der Forschungsarbeit

konzentriert sich aber wiederum auf den Zusammenhang zwischen den einzelnen Ereignissen, die bewertet werden und welche Emotionen [Ortony et al., 1988] oder welche körperlichen und kognitiven Reaktionen [Russell and Fernandez-Dols, 1997]; [Ellgring, 2007]; [Lazarus, 1991] daraus resultieren.

Diese Theorie dient vielen Computermodellen als Grundlage, in den meisten Fällen wird das Appraisal in diesen Modellen als zentrale Komponenten modelliert. In diesen Modellen werden aufwendige Verfahren eingesetzt, um die Bewertungsfunktion abzubilden, dazu gehören Entscheidungstheoretische Verfahren [Gratch and Marsella, 2004]; [Marsella et al., 2010], reaktives Verhalten [Staller and Petta, 2001]; [Rank and Petta, 2005], Markov-Modelle [El-Nasr et al., 2000]; [Si et al., 2008] oder komplexe kognitive Modelle [Marinier III et al., 2009]. Eine spezifische Emotion ist in den meisten Fällen nicht explizit modelliert, vielmehr handelt es sich dabei um eine Art abstrakter Marker, an den ein entsprechendes Verhalten angeheftet werden kann [Elliott and Siegle, 1993]. Manche Modelle unterscheiden auch zwischen einer oder mehreren spezifischen Emotionen, die durch ein Ereignis ausgelöst werden und einem affektiven Zustand oder Gefühl. Dieses Gefühl oder der Zustand wird von den zuletzt ausgelösten Emotionen beeinflusst ([Carbonell et al., 1996]; [Gratch and Marsella, 2004]; [Gebhard, 2005]). Andere Modelle versuchen wiederum den Einfluss von Emotionen und Stimmung auf den Prozess der Bewertung zu modellieren [Gratch and Marsella, 2004]; [Paiva et al., 2005]; [Marsella and Gratch, 2009].

Von der Entwicklung von Computermodellen profitiert nicht nur die Forschung im Bereich der Mensch-Roboter Interaktion, die Ergebnisse fließen auch zurück in die Psychologie. Die Ergebnisse, die Marsella und Gratch mit dem „EMA“-Modell gesammelt haben, sind in das psychologische Modell der Bewertungstheorien der Emotionen eingeflossen [Gratch et al., 2009]; [Marsella et al., 2010].

2.4.3 Dimensionale Theorien

Die dimensionalen Theorien gehen, anders als beispielsweise die diskreten Modelle, davon aus, dass man Emotionen nicht als eine diskrete Einheit beschreiben kann. Ihnen zufolge werden Emotionen durch einen Punkt in einem Multi-Dimensionalen Raum repräsentiert. Das Modell von Mehrabian und Russell schlägt einen drei-Dimensionalen

Raum vor in dem sich der korrespondierende Punkt frei bewegen kann, letztendlich sind aber nicht alle möglichen Positionen mit einer Emotion verbunden.

Der PAD-Raum geht zurück auf die Arbeit von Wundt [Wundt, 2012], er sprach allerdings noch nicht von Emotionen. Die drei Dimensionen repräsentieren folgende Skalen (Siehe Abb. 2.2):

- Die Skala Pleasure(Lust) - Displeasure(Unlust) misst, wie angenehm oder freundlich eine Emotion ist. Auf dieser Skala haben Angst und Wut einen hohen Wert für Unlust, Freude hat hingegen einen hohen Wert für Lust.
- Die Skala Arousal (Erregung) - Nonarousal (Beruhigung) beschreibt die Intensität einer Emotion. Als Beispiel sind Wut und Zorn unfreundliche Emotionen, aber Zorn ist intensiver und hat einen höheren Grad der Erregung. Am anderen Ende der Skala ist beispielsweise Langeweile verortet, es ist ebenfalls eine unangenehme Emotion, hat aber einen wesentlich geringeren Wert der Erregung.
- Die Skala Dominance (Dominanz) - Submissiveness (Unterwürfigkeit) beschreibt wie dominant die Emotion ist. So sind Angst und Wut unangenehme Emotionen, aber Angst ist eine dominante und Wut keine dominante Emotion.

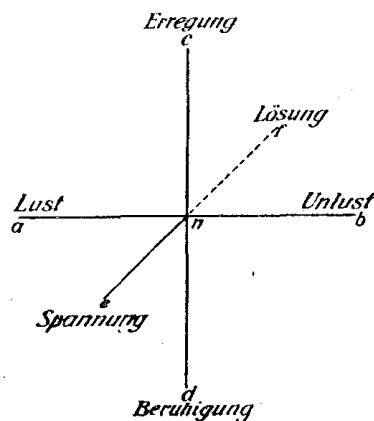


Abbildung 2.2: Der PAD-Raum nach Wundt

Die Vertreter dimensionalen Theorien nehmen Abstand von diskreten Kategorien für Emotionen und halten diese für nicht angebracht. Barrett [Barrett, 2006] stellt fest, dass es keine spezifischen Regionen im menschlichen Gehirn sind, die eine diskrete Emotion repräsentieren. Daher wird auch selten der Begriff Emotion verwendet, vielmehr sprechen die Vertreter hier von Konzepten wie Stimmung oder Affekt. Russel zu Folge befinden Menschen jederzeit in genau einem affektiven Zustand [Russell, 2003].

Bei den dimensionalen Theorien wird in erster Linie die strukturelle und temporale Dynamik ausgewertet, die Vorgeschichte, die zu diesem Zustand geführt hat wird meist nicht berücksichtigt [Wundt, 1922]. Dies ist ein entscheidender Unterschied zu den kognitiven Bewertungstheorien. Ebenso stellen die Vertreter der dimensionalen Theorien den kausalen Zusammenhang zwischen dem Appraisal und der Emotion in Frage. Genau dieser Link ist die zentrale Annahme aller Appraisal-Theorien. Sie verstehen den *Core Affect* nicht als einen intentionalen Zustand, er ist also nicht auf eine Person gerichtet. In den dimensionalen Theorien wird der *Core Affect* durch viele Faktoren beeinflusst, das können symbolische, intentionale Einschätzungen sein (z.B. Appraisal), aber auch subsymbolische Faktoren wie Hormone oder Drogen [Schachter and Singer, 1962]. Es gibt keine direkte Verbindung zwischen der ursprünglichen Bedeutung des auslösenden Reiz und der ausgelösten Emotion, ein Rückschluss auf den Auslöser muss im Nachhinein rekonstruiert werden.

Um diesen Link wieder herzustellen argumentiert Russel für einen Ablauf wie folgt: der Betroffene beobachtet ein Ereignis (z.B. ein Auto, das schnell in meine Richtung fährt), dieses Ereignis wird im Hinblick auf seine affektive Qualität ausgewertet. Das Ergebnis führt zu einer Veränderung des *Core Affect*. Diese Veränderung wird dann einem Objekt zugeschrieben, in dieser Situation dann z.B. dem Auto. Erst dann wird das Objekt im Bezug auf die Relevanz für das aktuelle Ziel, die kausale Vorgeschichte und die Zukunftsaussichten kognitiv beurteilt [Zajonc, 1980].

Bei Computermodellen ist der Einsatz von dimensional Modellen beliebt und wird häufig in Verbindung mit virtuellen Agenten eingesetzt. Mit Hilfe eines dimensional Modells lassen sich Emotionen in einen zwei- oder drei-dimensionalen Raum transformieren und dann leicht auf das Verhalten vom Agenten abbilden, wie zum Beispiel auf die Ausdehnung einer Geste oder auch auf die Geschwindigkeit einer Bewegung. Ein Ansatz dafür sind die PAD Modelle, sie beschreiben das gesamte Verhalten mit den drei Dimensionen *Pleasure*, *Arousal* und *Dominance*. Bei den Appraisal-Modellen ist dies wesentlich aufwendiger, hier müssen die einzelnen Verhaltensmuster

auf eine größere Anzahl von Appraisal Dimensionen abgebildet werden [Ellgring, 2007]; [Russell and Fernandez-Dols, 1997]. Ein Weg, um damit umzugehen, ist das Mapping des Appraisals auf eine diskrete Anzahl von Gesichtsausdrücken, die dann in der Intensität variiert werden können [Elliott, 1992]. So lassen sich mit dem dimensionalen Ansatz nicht nur gut Emotionen ausdrücken, auch die andere Richtung ist möglich. Sie werden häufig als Erkenner eingesetzt, um mit ihrer Hilfe die Emotionen eines menschlichen Interaktionspartners zu deuten. Es gibt auch Anhaltspunkte, dass sie dafür besser geeignet sind als Ansätze, die mit diskreten Emotionslabeln arbeiten [Barrett, 2006]. Viele implementierte Modelle, die den *Core Affect* integrieren, benutzen Appraisal als einen Mechanismus der den *Core Affect* beeinflusst. Zwei Beispiele dafür sind ALMA [Gebhard, 2005] und WASABI [Becker-Asano and Wachsmuth, 2010]. Im Modell von Gebhard wird das OCC-Modell [Ortony et al., 1988] integriert und damit auch Appraisal-Theorien. Beim Ansatz von Becker-Asano werden Appraisal-Prozesse aus Scherers Modell integriert

Gemeinsamkeiten zwischen den Theorien

Diesen Theorien liegen vollkommen unterschiedliche Konzepte zu Grunde. Die Bewertungstheorien beschreiben das Verhältnis zwischen einem Ereignis und einem Individuum, während die dimensionalen Theorien nur den emotionalen Zustand eines Individuums beschreiben. Dennoch kann man im direkten Vergleich sagen, dass die dimensionalen und die kognitiven Bewertungstheorien gewisse Gemeinsamkeiten haben. So lassen sich die Dimensionen der beiden Theorien aufeinander abbilden. Die Achse für Lust/Unlust (pleasure) entspricht der Achse für Valenz (valence), die Achse für Dominanz (dominance) entspricht der Achse für das Bewältigungspotential (coping potential)

2.4.4 Empathie

Der Begriff der *Empathie* oder englisch *empathy* geht zurück auf den Begriff „Einfühlung“. Eine Definition für Empathie liefert unter anderem Ekman [Ekman, 2004], er beschreibt Empathie nicht als Emotion, sondern als Reaktion auf die Emotionen eines anderen Menschen. Er differenziert auch zwischen kognitiver und emotionaler Empathie. Als kognitive Empathie beschreibt er die Fähigkeit, erkennen zu können, was ein Anderer fühlt, die emotionale Empathie hingegen ermöglicht uns zu fühlen, was ein Anderer fühlt.

Es gibt jedoch noch viele weitere mehr oder weniger ähnliche Definitionen von Empathie, nach Omdahl [Omdahl, 2014] lassen sich diese Definition in drei Gruppen unterteilen: 1. Empathie als eine affektive Reaktion auf die Emotion eines anderen, 2. Empathie als kognitiver Prozess zum Verstehen der Emotion eines anderen, und 3. Empathie als eine Kombination aus dem 1. und dem 2. Punkt.

In seiner Arbeit unterscheidet Batson [Batson, 2009] zwischen acht unterschiedlichen Konzepten von Empathie, dazu zählt er unter anderem auch *mimicry* und *emotional contagion*. Seine Kategorisierung basiert auf zwei Hauptfragen:

(1) *How we get to know the thoughts and feelings of another person.*

und

(2) *what makes us respond in a sensitive and adequate way to the emotional state of others.*

In seiner Arbeit beschreibt Batson drei Gruppen von Empathie. Als ersten Ansatz nennt er „*Knowing another person’s internal state, including his or her thoughts and feelings*“, dies entspricht der kognitiven Empathie oder auch der affektiven Theory of Mind (z. B. [Hofelich and Preston,]; [Shamay-Tsoory et al., 2009]). Der Ansatz basiert auf den Prozessen der affektiven Theory of Mind, einer Kombination aus verbalen, mimischen, prosodischen Informationen und aus den Inferenzen, die wir durch unser Weltwissen und dem emotionalen Zustand schliessen können. In 2013 haben Gilin und Kollegen [Gilin et al., 2013] in mehreren Studien gezeigt, dass es von der aktuellen Situation und der Aufgabe abhängt, ob man emotionales oder kognitives *Perspective Taking* macht. Den zweiten Ansatz nennt er „*Coming to feel as another person feels*“, ([Batson, 2009], S. 5), dies geschieht in Anlehnung an Hatfields Konzept der emotionalen Ansteckung („*emotional contagion*“) [Hatfield et al., 1993]. Nach Hatfield nähern sich die Gesprächspartner durch eine interne Simulation und das darauf folgende intra-personale Feedback emotional aneinander an und können so die Emotion des anderen nachempfinden ([Hatfield et al., 2011], S. 19). Dabei ist die emotionale Ansteckung („*emotional contagion*“) nicht auf eine Modalität beschränkt, auf einen verbalen Stimulus kann eine mimische Reaktion erfolgen [Tamietto et al., 2009]. Die Tatsache lässt darauf schliessen, dass dieser Vorgang höhere kognitive Prozesse voraussetzt. Um zu verdeutlichen, dass es sich dabei um kognitiv aufwendige Prozesse handelt, wird es auch „*affective empathy*“ [Shamay-Tsoory et al., 2009] oder „*emotional empathy*“ [Nummenmaa et al., 2008] genannt. Der dritten Ansatz geschieht unterbewusst und automatisch, Batson nennt dies „*Adopting the posture or matching the*

neural responses of an observed other“ ([Batson, 2009], S. 5). Dies entspricht am ehesten den Prozessen, die man Mimicry oder Imitation nennt (z. B. [Bavelas et al., 1986]; [Dimberg et al., 2000]; [Frith, 2009]). Das bedeutet auch, dass man, auch trotz der direkten körperliche Reaktion, nicht zwingend weiss oder simuliert, was der Partner fühlt [Bornemann et al., 2012]. Es ist noch nicht abschliessend bestimmt, inwiefern Mimicry für höhere kognitive Arten von Empathie notwendig ist [Foroni and Semin, 2011].

2.5 Emotionen in der Interaktion

Ein weiterer Ansatz betrachtet die kommunikative Funktion von Emotionen. In der alltäglichen Interaktion mit anderen Menschen dienen Emotionen dazu, das aktuelle Befinden zum Ausdruck zu bringen, aber auch, um Einfluss auf das Verhalten des Interaktanten zu nehmen [Keltner and Haidt, 1999]; [Parkinson and Simons, 2009]. Diese Theorien betrachten auch einen Punkt, der bei den anderen Ansätzen keine Beachtung findet, sie entkoppeln die Emotion die ausgedrückt wird von dem eigentlichen emotionalen Befinden [Russell and Fernandez-Dols, 1997]; [Gratch, 2008].

Ein Ansatz, der diese Theorie verfolgt, ist das „Cosmo Tutoring System“ von Lester und Kollegen [Lester et al., 2001]. In diesem System wird das emotionale Verhalten durch die pädagogischen Ziele beeinflusst und gesteuert. Es gibt jedoch nicht viele künstliche Systeme, die kommunikative Theorien umsetzen, die meisten Modellen dieser Art sind auf die soziale Einflussnahme ausgerichtet.

2.6 Zusammenhang von Emotionen und Kognition

Die Emotionsforschung beschäftigt sich naturgemäß in erster Linie mit der Entstehung von Emotionen. Erst in den letzten Jahren kam die Frage auf, inwiefern unser Denken und Handeln von Emotionen beeinflusst wird [Loewenstein and Lerner, 2003]. Jeder weiss aus eigener Erfahrung, wie Stimmungen und Emotionen die Art des Denkens beeinflussen. So können wir in Stresssituationen das zuvor gelernte Wissen nicht mehr abrufen, anstatt an das gute Wetter erinnert man sich an die Regentage und so weiter. Anders ist es bei guter Stimmung, da fallen einem Aufgaben leichter und wir sind anderen gegenüber freundlicher. Man kann die Einflüsse von Emotionen auf die kognitive Informationsverarbeitung also grob in zwei Bereich teilen, zum einen beeinflussen

Emotionen *was* wir denken (inhaltlich) und *wie* wir denken (qualitativ).

Inhaltlich. Kurz gesagt, Emotionen beeinflussen, welche Informationen wir bevorzugt verarbeiten und abrufen. Wenn man also positiv gestimmt ist, nimmt man eher positive Ereignisse und Objekte in der Umgebung wahr. Ebenso neigen wir dann dazu, eher die positiven Erinnerungen abzurufen. Ein ähnlicher Effekt, das stimmungsabhängige Gedächtnis, besagt, dass das Gedächtnis besser funktioniert, wenn die Stimmung während des Lernens mit der beim späteren Abruf übereinstimmt.

Qualitativ. Der qualitative Einfluss auf kognitive Prozesse ist sehr vielfältig. Dazu gehören unter anderem die Informationsverarbeitung und das Entscheidungsverhalten.

2.6.1 Informationsverarbeitung

In ihren Arbeiten hat Isen gezeigt, dass ein positiver Affekt einhergeht mit einer höheren Flexibilität und Kreativität beim Lösen von Problem und einer erhöhten Bereitschaft, Neues auszuprobieren [Peter and Beale, 2008]. In einer Studie [Isen et al., 1987] sollten die Teilnehmer mithilfe von Reiszwecken und einer Schachtel mit Streichhölzern eine Kerze an der Wand befestigen. Aus der Gruppe, aus der zuvor eine positive Emotion induziert wurde, kamen 75% auf die kreative Problemlösung, nämlich die Schachtel nicht als Behältnis zu sehen, sondern sie mit Hilfe der Reiszwecken an die Wand zu heften und die Kerze darauf zu stellen. In späteren Studien konnte dieser Effekt repliziert werden [Gasper, 2003].

Es gibt aber auch immer mehr Hinweise darauf, dass die erhöhte Flexibilität auch Nachteile hat. Scheinbar geht diese, unter positivem Affekt gefundene, erhöhte Bereitschaft, neue Informationen zu verarbeiten, auch mit einer erhöhten Ablenkbarkeit überein (zum Beispiel [Dreisbach and Goschke, 2004]). Es gibt also durchaus Situationen, in denen sich ein positiver Affekt nachteilig auswirken kann.

2.6.2 Entscheidungsverhalten

In seinen Arbeiten setzt sich Antonio Damasio intensiv mit dem Einfluss von Emotionen auf den Entscheidungsprozess auseinander [Damasio, 1994]. Während der Volksmund annimmt, dass Entscheidungen am besten in Abwesenheit von Emotionen getroffen werden, argumentiert Damasio genau entgegengesetzt. Er sagt, Entscheidungen können nicht ohne Emotionen getroffen werden. Seine Theorie der somatischen Marker besagt, dass die affektiven Antizipationen auf frühere Erfahrungen in ähnlichen Situationen

beruhen. So werden die Folgen von Handlungen, vor allem körperliche Reaktionen, als somatische Marker im Gehirn gespeichert. Neurologisch gesehen erregen die Afferenzen der körperlichen Reaktion spezifische Regionen im somatosensorischen Kortex. Die so erregten sensorischen Neuronen werden mit den entsprechenden motorischen Neuronen verknüpft. Soll nun ein Vorhersage der wahrscheinlichen affektiven Folgen einer Handlung getroffen werden, so werden die, für diese Handlung zuständigen, Neuronen aktiviert. Diese Neuronen aktivieren über die entstandenen Verknüpfungen die zugehörigen affektiven Folgen. Falls diese überwiegend positiv sind, kommt die Handlung in Frage, sind sie negativ so kommt die Handlung nicht in Frage [Damasio, 1994].

Die Theorie von Damasio ist nicht unumstritten. Es wurde jedoch schon mehrfach nachgewiesen, dass bewusste, aber auch unbewusste Emotionen rationale Entscheidungen unterstützen können und uns helfen, das Richtige zu tun [Gigerenzer, 2007].

2.6.3 Diskussion

Man kann nicht pauschal behaupten, dass die Erforschung der menschlichen Emotionen keine Definitionen hervorgebracht hat. Vielmehr gibt es mehrere Theorien, genauer gesagt beschäftigen sich die Forscher mit unterschiedlichen Merkmalen von Emotionen. Für diese Arbeit von besonderer Relevanz sind die Effekte auf die Informationsverarbeitung und das Entscheidungsverhalten.

Gerade aus den Arbeiten von Batson wird klar, warum Empathie ein sehr wichtiger Mechanismus für die tägliche soziale Interaktion ist. Noch ist nicht eindeutig geklärt, was den Menschen dazu befähigt, adäquat und angemessen auf die Emotionen anderer zu reagieren. Nach Batson [Batson, 2009] wird zum einen damit versucht den Partner zu trösten und ihm beiseite zu stehen, des Weiteren hilft es, den eigenen Kummer zu bewältigen. Dieses Verhalten hängt von vielen Faktoren ab, dazu gehört unter anderem der situative Kontext, aber auch das persönliche Verhältnis zum Partner. Aber auch so individuelle Eigenschaften wie das Alter eines Menschen beeinflussen das emphatische Verhalten [Sze et al., 2012].

2.7 Angleichungsprozesse in der Kommunikation

Der Mensch definiert sein soziales Verhalten in erster Linie durch drei zentrale Fähigkeiten. Diese sind das Ausdrücken und Verstehen von Emotionen, sein Sozialverhalten gegenüber anderen Menschen und die Sprache, die die Interaktion mit anderen

Menschen massgeblich unterstützt. Diese drei Fähigkeiten garantieren oder ermöglichen das Fortbestehen des Menschen. Es wird angenommen, dass diese zentralen Eigenheiten in irgendeiner Art und Weise miteinander verbunden sind. Die unterschiedlichsten wissenschaftlichen Disziplinen, wie Linguistik, Psychologie, aber auch die Informatik, untersuchen diese Verbindung. Noch sind wir aber weit davon entfernt, diese Verbindung genau erklären zu können. Es gibt noch keine Theorie, die erklärt, wie und warum menschliche Interaktionspartner in der Lage sind, verbale und non-verbale Emotionen und kontextuelle Informationen miteinander zu kombinieren.

Die Verbindung zwischen dem emotionalen und dem kommunikativen Alignment in der Interaktion ist ebenfalls noch nicht systematisch untersucht oder schon verstanden. Im folgenden Kapitel wird mit Hilfe von Erkenntnissen aus der Literatur und denen aus, der im Forschungsprojekt durchgeführten, Studien ein Modell für emotionales Alignment entwickelt und empirisch untermauert. Dieses Modell beschreibt eine starke, aber flexible Verbindung zwischen dem emotionalen und dem kommunikativen Alignment. Es selbst wird gestützt durch die kommunikative Funktion der emotionalen Anpassung und der empirischen Evidenzen, die in Studie mit neurologisch gestörten oder beeinträchtigten Patienten gewonnen wurden.

Das Modell und die Verbindung zwischen emotionalen und kommunikativen Alignment sollte nicht nur einer Teil der Theorie der Kommunikation werden, sondern es kann auch einen Beitrag zur Verbesserung der Mensch-Roboter Interaktion leisten.

Nachdem das theoretische Modell für emotionales Alignment in der Interaktion hergeleitet und vorgestellt wurde, wird das Computermodell für emotionales Alignment zwischen Mensch und Roboter vorgestellt. Mit diesem Modell ist es möglich, die unterschiedlich komplexen Alignment-Prozesse zu simulieren und in die Mensch-Roboter Interaktion zu integrieren.

2.7.1 Die Theory of Mind

Die Fähigkeit zur *Theory of Mind* wird mit zwei unterschiedlichen Ansätzen erklärt. Zum einen gibt es die Simulations-Theorie, diese besagt, dass wir eine andere Person verstehen, weil wir intern simulieren, was wir in einer bestimmten Situation an dessen Stelle tun würden [Goldie, 1999]. Dieser Ansatz wird unter anderem durch die Entdeckung der Spiegelneuronen gestützt. Diese besondere Art von Neuronen, die in Menschen und Primaten nachgewiesen werden konnten, gelten als physikalischer Beweis für die Simulation-Theorie [Schulkin, 2000]. Auf der anderen Seite gibt es die

Theorie-Theorie. Nach diesem Modell verfügen wir über eine implizite oder explizite Theorie, die das wahrnehmbare Verhalten anderer Personen mit mentalen Zuständen korreliert. Dieser Theorie zufolge kommt es zu einer emotionalen Angleichung durch kognitive Aktivitäten, die das gesammelte Weltwissen einer Person mit dem aktuell wahrgenommen kombiniert, um so eine Hypothese über den emotionalen Zustand des Partners zu bilden [O'Shea, 2012]. Nach Gallagher [Gallagher, 2012] und anderen sind diese theoretische Kombination und Simulation notwendig, um sich ein Bild des emotionalen Zustandes vom Gegenüber zu machen und sich diesem anzugleichen.

Dies sind theoretische Annahmen und sie basieren auf beobachtbaren Reaktionen. In naher Vergangenheit konnten in verschiedenen Studien mit der Hilfe bildgebenden Verfahren Regionen im Gehirn identifiziert werden, die mit verschiedenen Formen von Empathie in Verbindung gebracht werden (z. B. [Nummenmaa et al., 2008]; [Sucksmith et al., 2013]). Es gibt verstärkt Hinweise darauf, dass sich emotionale Prozesse wie Mimicry, Gefühlsansteckung und Empathie gegenseitig stark beeinflussen. So werden Gesichtsausdrücke Top-Down durch Empathie beeinflusst [Likowski et al., 2011]. In die andere Richtung beeinflussen Bottom-Up Prozesse in Form von Mimicry die Wahrnehmung von emotionalen Gesichtsausdrücken [Oberman et al., 2007].

2.7.2 Modell von Davis

Ein Ansatz, der diese Phänomene vereint, ist der multidimensionale Ansatz von Davis [Davis, 1994]. Dieses Modell berücksichtigt die Existenz von unterschiedlichen Ausprägungen der emotionalen Angleichung. Ein Ziel des Modells ist es auch, die Zusammenhänge zwischen diesen Ebenen zu belegen ([Davis, 1994], S. 12). Es gibt vier wichtige Bestandteile die dieses Modell ausmachen. Der situative Kontext und die individuellen Unterschiede werden als „antecedents“ bezeichnet. Ein wichtiges Merkmal ist, dass sich die Prozesse in diesem Modell in ihrer kognitiven Komplexität unterscheiden und aufeinander aufbauen. Beginnend mit den Prozessen, die kaum kognitive Kapazitäten erfordern, wie zum Beispiel Mimicry. Darauf aufbauend sind kognitive Prozesse wie zum Beispiel das klassische Konditionieren oder Gefühlsansteckung. Sie basieren auf individuellen Erfahrungen eines jeden Menschen. Kognitiv aufwendige Prozesse wie zum Beispiel die Rollen- oder Perspektivenübernahme werden durch die dritte Ebene im Modell abgebildet.

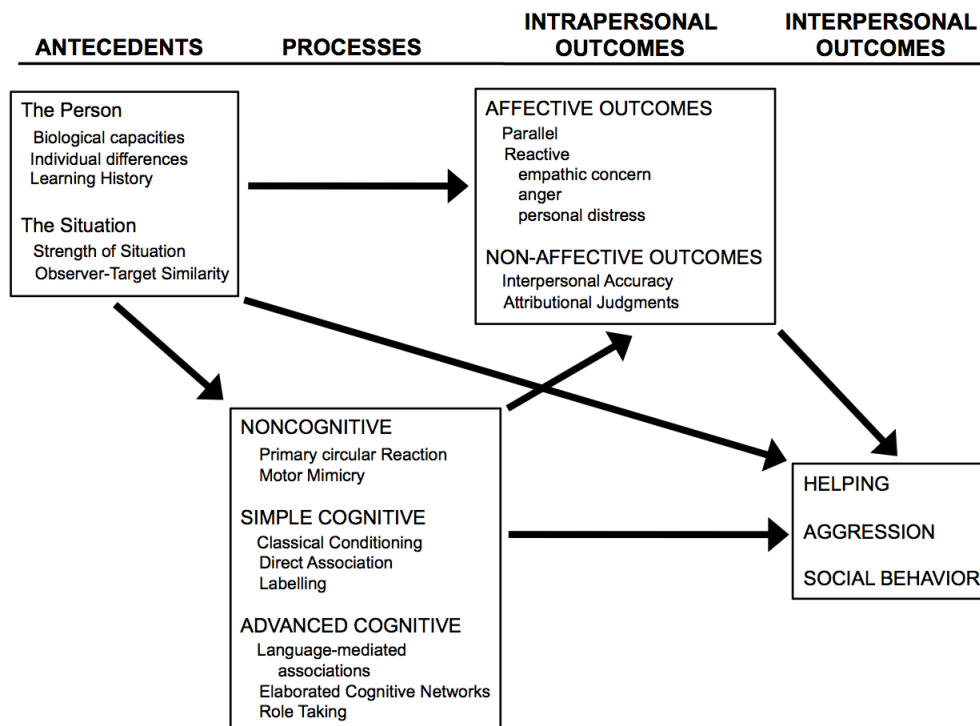


Abbildung 2.3: Die Abbildung zeigt Davis' Modell für Empathie. Zu sehen sind die vier wichtigen Bestandteile, die dieses Modell ausmachen.

Antecedents, unter dem Begriff der *Antecedents* fasst Davis diejenigen Eigenschaften des Beobachters und der Situation zusammen, die Einfluss auf den Prozess der Empathie und dessen Ausgang haben. Wie in Abbildung 2.3 zu sehen, gehören für den Beobachter die biologischen Fähigkeiten, die individuellen Unterschiede und das bisher Erlernte dazu. Die biologischen Fähigkeiten beziehen sich in diesem Fall auf die höheren kognitiven Prozesse, wie die Rollenübernahme und auch die vier Stufen der Entwicklung von Empathie. Die individuellen Unterschiede beschreiben die angeborenen Tendenzen, Empathie zu empfinden und zu erleben. Die Lerngeschichte bezieht sich auf erworbene Werte und Verhaltensweisen im Zusammenhang mit Empathie. Für die Merkmale, die die Situation betreffen, beschreiben die Fachbegriffe *Strength of Situation* und die *Observer-Target Similarity*. Die *Strength of Situation* beschreibt dabei die Intensität der wahrgenommenen Emotion. Das bedeutet, eine starke oder intensive mimische oder prosodische Emotion führt auch zu einer ebenso intensiven emphatischen Reaktion. Die zweite Eigenschaft, die *Observer-Target Similarity*, berücksichtigt die Ähnlichkeit zwischen dem Sender und dem Empfänger der Emotion. Je ähnlicher sich die beiden Seiten sind, desto intensiver ist auch die emphatische Reaktion.

Processes, sind im Modell von Davis die Mechanismen, die die emphatische Reaktion generieren. Wie in Abbildung 2.3 zu erkennen, gibt es drei Oberkategorien, die **non-cognitive**, die **simple cognitive** und die **advanced cognitive**. Diesen Kategorien sind die einzelnen Prozesse zugeordnet, dazu gehören die ersten Bewegungen, die Säuglinge machen, um ein Gefühl für den eigenen Körper zu bekommen (body babbling) und Mimicry für die nicht-kognitiven Prozesse. Den einfachen kognitiven Prozessen ordnet Davis die klassische Konditionierung und Labeling zu. Unter *Labeling* versteht er Rückschlüsse auf die Gefühle des Anderen auf Basis einfacher Hinweise und eigener Erfahrungen, wie zum Beispiel, dass ein Lottogewinn Freude zur Folge hat. Der dritten Kategorie, den erweiterten kognitiven Prozessen, sind das Role Taking zugeordnet.

Intrapersonal outcomes, diese intrapersonalen Benefits werden von Davis in die affektiv und nicht-affektiv eingeteilt. Sie werden durch den Empathie-Prozess generiert und sind nicht als Gestik oder Mimik für andere sichtbar. Er definiert affektive Ergebnisse als eines Beobachters affektive Reaktionen auf beobachtete Erfahrungen

des Anderen. In der Gruppe der affektiven Ergebnisse gibt es noch eine weitere Unterteilung in parallele und reaktive Ergebnisse. Die parallelen Ergebnisse beziehen sich auf affektive Reaktionen, die affektive Äußerungen anderer reproduzieren. Daher sind diese Ergebnisse eher durch kognitiv nicht so anspruchsvolle Prozesse wie zum Beispiel Mimicry erzeugt. Die reaktiven Ergebnisse hingegen produzieren Reaktionen, die sich von den beobachteten unterscheiden. Zum Beispiel kann ein Beobachter, der sieht, wie jemand ungerecht behandelt wird, mit Wut oder mit Sorge als emphatische Reaktion empfinden. Da es eine höhere kognitive Leistung erfordert, in einer solchen Art auf einen Stimulus zu reagieren, müssen diese reaktive Äusserungen durch aufwendige kognitive Prozesse generiert werden. Als nicht affektive Äusserungen definiert Davis *interpersonal accuracy* und *attributional judgments*, diese kognitiven Reaktionen sieht er ebenfalls als höhere kognitive Prozesse. Unter *interpersonal accuracy* versteht Davis die angemessene Einschätzung der inneren Zustände wie die Gefühle und Gedanken eines anderen. Als *attributional judgments* versteht er, wie ein Beobachter die Folgen des Verhalten eines anderen versteht.

Interpersonal outcomes, als zwischenmenschliche Benefits definiert Davis das sichtbare Verhalten gegenüber einer anderen Personen. Es entsteht in erster Linie aus intrapersonalen Reaktionen. Zu diesen Reaktionen zählen das Helfen von anderen, Aggressionen und soziales Verhalten.

Der Aufbau des Modells erlaubt also, dass eine identische emotionale Reaktion auf vollkommen unterschiedliche Reize erfolgen kann. So kann Angst als ein *parallel affective outcome* auf Angst folgen, aber auch als *reactive affective outcome* die Reaktion auf Zorn sein. Das Modell von Davis, insbesondere die Integration von unterschiedlichen Aspekten der emotionalen Angleichung, lässt sich auch in neueren Ansätzen wiederfinden (zum Beispiel in [Decety and Jackson, 2004]).

2.7.3 Emotionales Alignment

Die Angleichungsprozesse (Alignment) in der zwischenmenschlichen Kommunikation gehen weit über das emotionale Alignment hinaus. Dieser Abschnitt konzentriert sich jedoch auf das emotionale Alignment und dessen Zusammenhang mit dem linguistischen Alignment.

In dem vorhergegangenen Abschnitt wurden verschiedene Bezeichnungen und Arten

für emotionales Alignment vorgestellt. Für linguistisches Alignment existieren ebenfalls ganz unterschiedliche Theorien und Bezeichnungen. Im Modell von Pickering und Garrod [Pickering and Garrod, 2004] spielt Priming eine zentrale Rolle für Alignment. Andere Bezeichnungen für diesen Prozess sind zum Beispiel *coordination* [Clark, 1985], *imitation* [Hurley and Chater, 2005] oder *entrainment* [Clark, 1997]. Zum einen gibt es Meinungsverschiedenheiten über die Bezeichnungen, des Weiteren wird aber auch der Zweck und Nutzen von emotionalen oder sprachlichen Alignment diskutiert. In dieser Arbeit liegt der Fokus insbesondere auf der kommunikativen und sozialen Funktion, daher gehen wir nun kurz auf die Verbindung zwischen emotionalem und linguistischem Alignment ein.

Ein wichtiges Argument für eine Verbindung der beiden Prozesse ist, dass viele Theorien den emotionalen Angleichungsprozessen eine kommunikative Funktion zuschreiben. So haben Bavelas und Kollegen in ihrer Arbeit [Bavelas et al., 1986] zeigen können, dass *facial motor mimicry* sehr stark von der kommunikativen Situation abhängt. So konnten sie sehr viel mehr Mimicry beobachten, wenn sich die beiden Gesprächspartner direkt sehen konnten. Diese große Variabilität von emotionalen Ausdrücken unterstreicht die kommunikative Funktion vom emotionalem Alignment. Es existieren noch mehr Anhaltspunkte für linguistisches Alignment auf ganz unterschiedlichen Ebenen. Es werden syntaktischen Strukturen übernommen, [Cleland and Pickering, 2003] aber auch die Namen für Objekte [Brennan and Clark, 1996]. Es konnten Belege für Alignment auf nahezu jeder linguistischen Ebene gefunden werden, auf der akustischen und prosodischen [Guitar and Marchinkoski, 2001], auf der phonologischen [Pardo, 2006] und auf der pragmatischen Ebene [Ireland and Pennebaker, 2010]. Die Tatsache, dass linguistisches Alignment für ganz unterschiedliche Situationen beobachtet wird [Brennan, 2005] und auch bei geschriebenem Text nachweisbar ist [Ireland and Pennebaker, 2010] legt ebenfalls die Vermutung nahe, dass es unterschiedliche Prozesse für emotionales und linguistisches Alignment gibt. Es wird vermutet, dass die Prozesse voneinander unabhängig sind und nicht zwingend beide vorhanden oder aktiv sein müssen. Einen Hinweis darauf liefern zum Beispiel Niederhoffer and Pennebaker [Niederhoffer and Pennebaker, 2002], sie haben in drei Studien die Sprache in dyadischen Interaktionen untersucht. Dabei haben sie Belege dafür gefunden, dass sich Menschen in dyadischen Interaktionen im sprachlichen Stil angleichen. Die Angleichung geschieht auf der sprachlichen Ebene, aber auch auf der Ebene des Turn-Takings. Dazu

bleibt noch festzuhalten, dass die sprachliche Angleichung bei neutralen Wörtern, aber auch Wörtern die kognitive Tätigkeiten oder Emotionen beschreiben geschieht.

Es wird auch angenommen, dass das Sprechen über Emotionen einen Einfluss auf den emotionalen Zustand des Gesprächspartners hat. In einer Studie haben Hsee und Kollegen [Hsee et al., 1992] untersucht, welchen Effekt das Sprechen über Emotionen auf das Beurteilen des emotionalen Befindens vom Gesprächspartners hat. Sie konnten zeigen, dass das Sprechen über das emotionale Befinden eine größere Relevanz beim Beurteilen der Emotionen eines Anderen hat als sein Gesicht und die Emotionen, die darin zu sehen sind. Die eigenen Emotionen werden gleichermassen durch die high-level Verarbeitung sprachlicher Inhalte und Mimicry beeinflusst. Zwei weitere Studien gehen in diese Richtung. So haben Preston und Stansfield [Preston and Stansfield, 2008] in einem *emotional Stroop task* (*Emostroop*) gezeigt, dass die visuelle Verarbeitung von emotionalen Gesichtsausdrücken schnell zu der Aktivierung auf einer semantischen Ebene führt. In zwei weiteren Studien haben sich Ickes und Kollegen [Ickes et al., 2000] mit Empathie und deren Zuverlässigkeit beschäftigt. Die Ergebnisse deuten an, dass der beste Indikator für zuverlässige Empathie die verbale Intelligenz ist.

2.7.4 Diskussion

Zusammenfassend kann man sagen, die hier angeführten, empirischen Hinweise legen die Vermutung nahe, dass emotionales und linguistisches Alignment als eine Art verteilter Prozess funktioniert. So haben Aphasiker und Parkinson Patienten Probleme mit dem konzeptuellen, emotionalen Alignment (kognitiver Empathie), nicht aber mit dem Contagion oder der affektiven Empathie. Menschen, bei denen Autismus (HFR) diagnostiziert wurde, haben wiederum Probleme bei der affektiven Empathie. Hinzu kommt die Rolle der Sprache, der Sprachproduktion und des linguistischen Alignments. Hier zeigen Gruppen mit sprachlichen (Aphasiker) und ohne (Parkinson-Patienten) sprachliche Einschränkungen ganz ähnliche Symptome im Hinblick auf kognitive Empathie und Contagion.

3 Verwandte Systeme

Es gibt seit über 20 Jahren unterschiedlichste Ansätze, virtuelle Agenten und (humanoide) Roboter sozialer und menschlicher erscheinen zu lassen. Um diesem Ziel näher zu kommen, wird in unterschiedliche Richtungen geforscht. Um die Interaktion mit dem künstlichen Interaktionspartner angenehmer und einfacher zu machen, haben sie das Hören und Sprechen gelernt, es wurden Modelle entwickelt, die es möglich machen, komplexe Dialoge mit ihnen zu führen und nicht zuletzt wurden viele unterschiedliche Emotionsmodelle implementiert. Viele Modelle von artifiziellen Emotionen versuchen über unterschiedlichen Input einen internen emotionalen Zustand zu errechnen und diesen durch den Roboter darzustellen. Diese Modelle reichen vom strukturierten OCC-Modell, wo Emotionen eine wertende Reaktion auf Konsequenzen von Ereignissen, Handlungen von Agenten oder Aspekte von Objekten sind, bis hin zu Kombinationen aus mehreren psychologischen Modellen wie beim WASABI Modell.

In ihrem Artikel [Marsella et al., 2010] haben Marsella und Kollegen einen umfassenden Überblick über aktuelle und auch frühere Computermodelle für Emotionen gegeben. Wie in Abbildung 5.2 zu sehen ist, setzen sie die, zum Teil im Artikel vorgestellten Modelle auf mehrere Arten miteinander ins Verhältnis. Zum einen differenzieren sie zwischen den psychologischen Theorien, die den Computermodellen zu Grunde liegen, zudem stellen sie hierarchisch dar, welches Modell auf welches aufbaut und in welcher Relation sie zueinander stehen.

Im folgenden Kapitel werden nun mehrere, für diese Arbeit, relevante Modelle vorgestellt und diskutiert.

3.1 OCC-Modell

Das OCC-Modell wurde 1988 durch die amerikanischen Psychologen Ortony, Collins und Clark vorgestellt [Ortony et al., 1988]. Der Struktur nach gehört das OCC-Modell zu den kognitiv-evaluativen Theorien von Emotionen. Das bedeutet, dass Emotio-

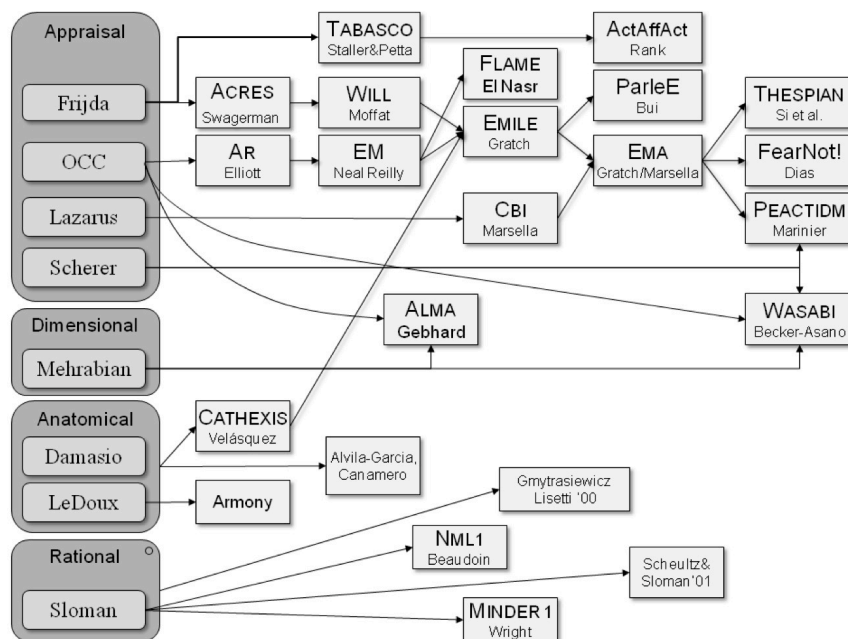


Abbildung 3.1: Übersicht von computergestützten Emotionsmodellen (aus [Marsella et al., 2010]).

nen Überzeugungen im Hinblick auf Werte und Tatsachen voraussetzen und dass unterschiedliche Emotionen auf unterschiedliche Kombinationen von Wert- und Tatsachenüberzeugungen basieren.

Die Grundannahme dieser Theorie basiert darauf, dass die Autoren annehmen, dass Emotionen in drei Gruppen zerfallen 1. die ereignisfundierte Emotionen, 2. die handlungsfundierte Emotionen und 3. die objektfundierte Emotionen. Des Weiteren beruhen die Emotionen der drei Hauptgruppen auf unterschiedliche Formen der Bewertung. Ereignisse werden auf ihre Erwünschtheit hin bewertet (erwünscht oder nicht erwünscht). Die Handlungen werden auf ihre Lobwürdigkeit hin eingeschätzt (lobenswert oder tadelnswert). Und für die Objekte spielt die Attraktivität die entscheidende Rolle (anziehend oder abstoßend).

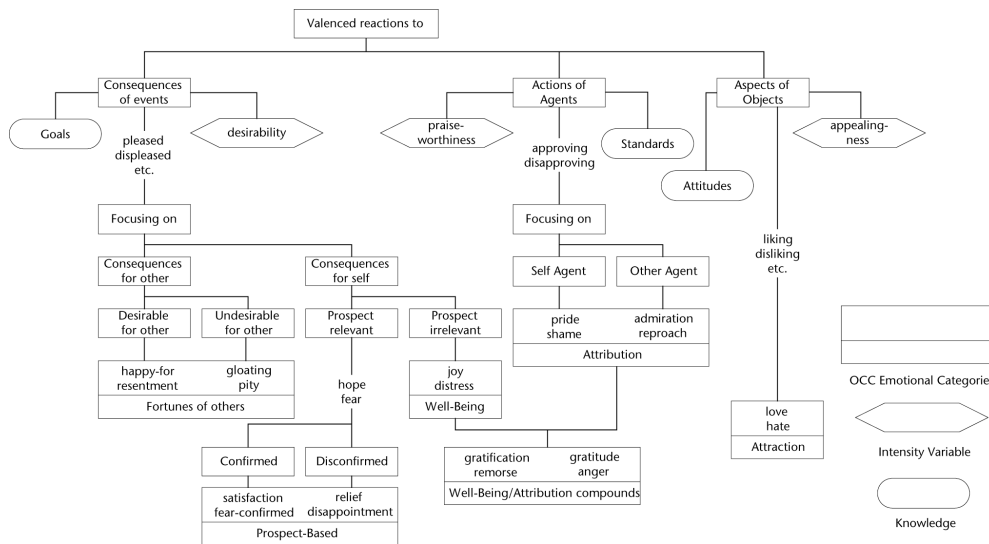


Abbildung 3.2: Globale Struktur der Emotionstypen des OCC Modells (aus [\[Bartneck, 2002\]](#))

Nach dem OCC-Modell kann man sich die Entstehung einer Emotion wie folgt vorstellen.

Es wird angenommen, die folgenden Situation sei gegeben:

Stell dir vor, du legst eine Prüfung ab. Die Prüfung verläuft deiner Meinung nach schlecht und du rechnest mit keiner guten Note. Zunächst wird die Situation auf das Modell übertragen, diese wird wie folgt ausgewertet.

1. Überträgt man diese Situation in das OCC-Modell, so hat man zunächst ein un-

erwünschtes Ereignis (Consequences of events / displeased) (siehe 3.2). Die entsprechende Variable zur späteren Berechnung der Intensität der Emotion ist *desirability*. Da das Event als negativ valenziert erkannt wurde, hat diese einen negativen Wert.

2. Im nächsten Schritt wird entschieden, wer von dem Ereignis betroffen ist, der Agent selbst oder ein anderer. In diesem Fall ist es der Agent selbst (consequences for self).
3. Da der Ausgang des Ereignisses noch nicht bekannt ist, gilt prospects-relevant.
4. Diese Einschätzung führt zu der Emotion *hope* bzw. *fear*. Durch die Einstufung als displeased resultiert die Emotion *fear*.
5. Wird die Situation nun fortgesetzt, so kann die Emotion nur zwei Formen annehmen. Wenn die Befürchtung bestätigt wird *Confirmed*, folgt *fear*, wird sie nicht bestätigt, kann nur noch noch *relief* folgen.

3.2 Breazeals Modell für Emotionen

Das Emotionsmodell von Breazeal [BREAZEAL, 2003a] verfolgt einen dimensional Ansatz, die drei Dimensionen sind hier Arousal, Valence und Stance (AVS). In diesem Modell sind insgesamt 14 Kategorien von Emotionen kodiert, diese einzelnen Emotionen sind jeweils von sogenannten Emotionsregionen umgeben. Jeder wahrgenommene Stimulus wird im Hinblick viele unterschiedliche Faktoren ausgewertet und so auf AVS-Werte abgebildet. Zu den Faktoren gehören die Intensität der Stimulus, Relevanz für den Agenten, der aktuelle eigene Affekt und wie dieser Stimulus den eigenen Zielen dient.

Die dritte Dimension ist hier nicht wie bei Russell & Mehrabian [Russell and Mehrabian, 1977] die *dominance*, sondern ein Wert für *stance*. Dieser Wert bestimmt, wie empfänglich der Roboter für einen äußeren Reiz ist, ist der Wert positiv, so ist er dem Reiz gegenüber empfänglich. Bei einem negativen Wert für *stance* lehnt er ihn eher ab. Die AVS-Werte sind den Emotionskategorien zugeordnet und gemittelt, daraus resultieren gewichtete Werte für jede Kategorie. Je nach Position des AVS-Wertes in der Emotionsregion erhöht die Intensität diese Emotionskategorie. Die Kategorie mit der höchsten Intensität in Kombination mit dem AVS-Wert bildet den aktuellen emotionalen Zustand des Agenten. Ausgehend von einer früheren Arbeit

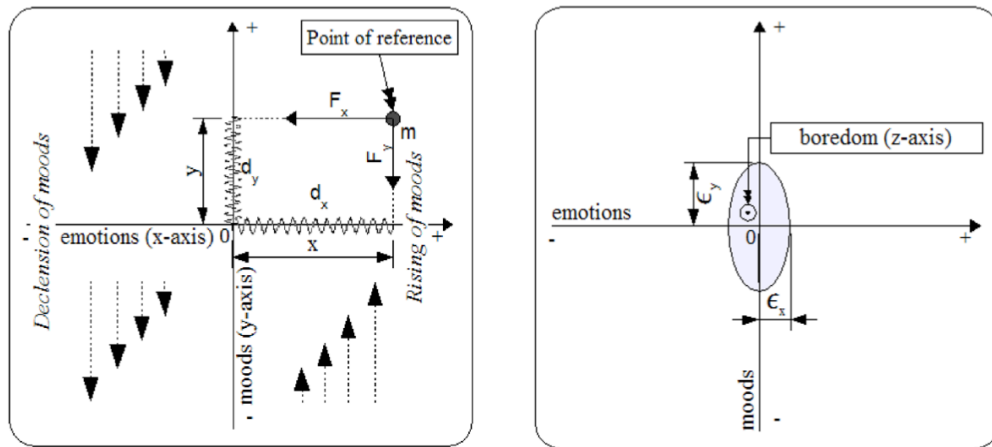
von Velasquez [Velásquez, 1997] folgen primäre und sekundäre Emotionen dem Ansatz von Damasio [Damasio, 1994]. Das bedeutet, dass die primären Emotionen angeboren sind und über die sogenannten *Releasern*, den Auslösern, fest mit einer Emotions verbunden. Die Verbindung zwischen den sekundären Emotionen und ihren *Releasern* ist hingegen erlernt.

3.3 Die WASABI-Architektur

Das Akronym WASABI steht für **WASABI** Affect Simulation for **A**gents with **B**elievable **I**nteractivity, es handelt sich dabei um eine Architektur, die einen emotionalen Zustand für virtuellen Agenten oder einem Roboter modelliert. Die WASABI-Architektur benötigt zwei Module, das Kognitions- und das Emotions-Modul. Das Modul für die Kognition besteht wiederum aus zwei Schichten, eine für das Reasoning und eine für das reaktive Verhalten. Diese Schichten lösen die primären und sekundären Emotionen aus [Damasio, 1994]. Die primären Emotionen werden über das reaktive Verhalten direkt ausgelöst, das bedeutet, sie werden direkt durch wahrgenommene Ereignisse ausgelöst. Die zweite Schicht führt einen weiteren Schritt durch, um eine sekundäre Emotion auszulösen, während der Deliberation werden Erwartungen und vorher gemachte Erfahrungen im Prozess berücksichtigt. Der Appraisal-Prozess wird in beiden Modulen in Form eines positiven oder negativen Wertes für die emotionale Valenz abgebildet. Diese Werte werden emotionale Impulse genannt und steuern die Emotionsdynamik des Agenten über die Zeit. Wie in Abbildung 3.3(a) sind die Valenzen den beiden affektiven Phänomene Emotionen (x-Achse) und Stimmung (y-Achse) orthogonal zueinander angeordnet.

Das Emotionsmodul umfasst zwei Komponenten, eine für die Stimmung und eine für den PAD-Raum. In der ersten Komponente wird die zeitliche Veränderung einer Emotion abgebildet und ihre Wechselwirkung untereinander bestimmt. Welchen Einfluss eine Emotion auf die Stimmung hat, wird berechnet, indem die Valenz einer Emotion als Gradient auf die Valenz der Stimmung einwirkt (siehe Gleichung 3.1).

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = a \cdot x \quad (3.1)$$



(a) Emotion und Stimmung und ihre Veränderung über die Zeit (b) Die Epsilon-Umgebung für das Konzept der Langeweile

Abbildung 3.3: Der Aufbau der Komponente für die Emotionsdynamik (Abb. aus [Becker-Asano, 2008])

Die Werte der Valenz für Emotion und Stimmung fallen über die Zeit gesehen ab und nähern sich dem Punkt, an dem eine neutrale Emotion und Stimmung verortet ist. Dies ist durch zwei unabhängige Feder-Masse-Systeme realisiert, die beiden Kräfte, die auf die Punkte wirken, sind proportional zu den den Werten der Valenz (siehe Abbildung 3.3(a)). Der Zustand der *Langeweile* ist durch eine dritte, orthogonale Achse realisiert (siehe Abbildung 3.3(b)). Der Wert für die Achse steigt an, wenn keine emotionale Stimuli wahrgenommen werden. Sobald der *Point of Reference* in einer Epsilon-Umgebung um den Nullpunkt liegt, beginnt der Wert für Langeweile linear zu steigen. Sobald der *Point of Reference* diese Epsilon-Umgebung verlässt, fällt der Wert für Langeweile wieder auf Null. Über einen Parameter (b) lässt sich regulieren, wie schnell bei dem Agenten die *Langeweile* einsetzt, je größer der Wert ist, desto schneller setzt die *Langeweile* ein. Die in Abbildung 3.3(a) zu erkennenden Federkonstanten, der Parameter a aus der Gleichung 3.1 können in Kombination mit der Masse m des *Point of Reference* und dem Parameter b als Persönlichkeitsmerkmale des Agenten gesehen werden. Bei einem kleinen a und großen Werten für die Federkonstanten hat man einem lethargischen Agenten, andererseits hat man ein größeres a und kleinere Werte für die Federkonstanten einen temperamentvollen Agenten zu Folge.

In Abbildung 3.4 ist zu sehen, wo im WASABI die primären und sekundären Emotionen

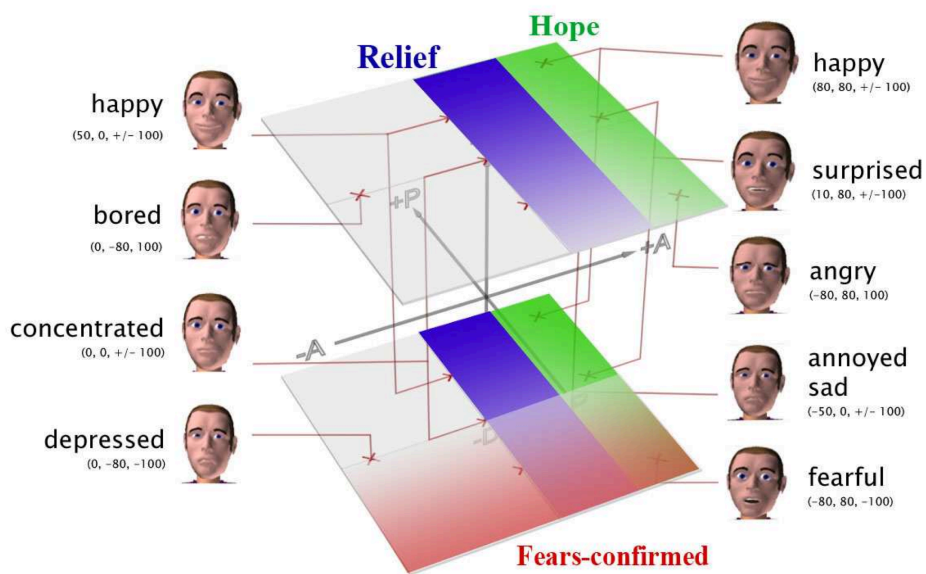


Abbildung 3.4: Der PAD-Raum der WASABI-Architektur, in ihm sind sowohl die primären als auch die sekundären Emotionen angeordnet (aus [Becker-Asano, 2008])

im PAD-Raum verortet sind. Als primäre Emotionen sind fünf der sechs von Ekman [Ortony et al., 1988] vorgeschlagenen Basisemotionen (Ärger, Freude, Überraschung, Trauer und Angst) angeordnet, dazu kommen noch *Langeweile*, *verärgert* und der emotional neutrale Zustand *konzentriert*. Die Anordnung im Raum folgt dem von Russell und Mehrabian vorgeschlagenen Muster [Russell and Mehrabian, 1977]. Als sekundären Emotionen sind *Erleichterung*, *Hoffnung* und *Befürchtungen-bestätigt* in der Simulation integriert. Die sekundäre Emotionen werden, wie in Abbildung 3.4 zu sehen, als Flächen im PAD-Raum abgebildet.

Der Wert *dominance* modelliert den Einfluss, den der Agent über die aktuelle Situation hat. Dieser Wert wird vom Kognitionsmodul des Agenten abgeleitet. Wenn der maximal ist liegt die Kontrolle beim Agenten, er ist dominant. Im Falle des minimalen Wertes ist der Agent unterwürfig. Im Emotionsmodell erlaubt der Wert die Unterscheidung zwischen Trauer und Verärgerung sowie zwischen Angst und Wut. Jede primäre Emotion, die im PAD-Raum repräsentiert ist, wird durch zwei kreisförmige Regionen umgeben, diese bilden die Schwellen für die Aktivierung und Sättigung. Je näher der *Point of Reference* um den Standort eines primären Emotion im PAD-Raum kommt, desto wahrscheinlicher ist es, dass im Agenten diese Emotion ausgelöst wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine primäre Emotion ausgelöst wird ist am höchsten, wenn sich der *Point of Reference* in der Sättigungsregion (Δ_{pe}) der Emotion befindet und gleich Null, wenn er sich ausserhalb der Aktivierungsregion (Φ_{pe}) befindet. Für die sekundären Emotionen wird die Wahrscheinlichkeit basiert auf einer linearen Interpolation innerhalb der Polygonfläche die diese Emotion beschreibt, ausgelöst wird sie dann durch die Reasoning-Komponente.

3.4 Mimicry-basierte Systeme

Der Einfluss von (Verhaltens- und Gesichts-) Mimicry war schon Bestandteil vieler Studien. Sie wurden in den Bereichen der Mensch-Mensch, der Mensch-Agenten und auch in der Mensch-Roboter Interaktion untersucht. Es wurde in vielen Studien gezeigt, dass Erkenntnisse aus der sozialen Interaktion zwischen Menschen auf die Mensch-Agenten oder Mensch-Roboter Interaktion übertragen werden kann.

In ihren Arbeiten haben zum Beispiel Gratch und Kollegen [Gratch et al., 2007] haben Rapport zwischen Mensch und Agenten untersucht. Dabei haben sie festgestellt, dass



(a) Der Roboter Virgel (aus [Riek et al., 2009]) (b) Der Roboter Eddie (aus [Barbara Gonsior, 2011])

Abbildung 3.5: Die Roboter, die in Studien zur Erforschung des Effekts von Mimicry auf die Mensch-Roboter Interaktion eingesetzt wurden.

das Imitieren von Kopfbewegungen und Körperhaltung mit nicht imitierenden Agenten zu einer Verbesserung der Interaktion führt. In ihrer Studie zum Thema „digitale Chamäleons“ haben Bailenson und Yee [Bailenson and Yee, 2005] gezeigt, dass virtuelle Agenten, die die Kopfbewegungen des Interaktionspartners mimiken oder imitieren, als überzeugender und sympathischer angesehen werden als jene, die vorher definierte Bewegungen abgefahren haben.

Dies waren Studien, die sich auf die Interaktion mit virtuellen Agenten bezogen haben. Es existieren auch zahlreiche Studien, die die Interaktion zwischen Mensch und Roboter untersucht haben. Dazu zählen unter anderem Kanda und Kollegen [Kanda et al., 2006], sie haben in einer Studie den Effekt von Feedback in Form von Bewegungen, zum Beispiel der Arme des Roboters, untersucht. Dabei konnten sie zeigen, dass sich diese, zuvor vom Menschen gelernte Gesten und Bewegungen positiv auf den Eindruck von Zuverlässigkeit und Sympathie des Roboters auswirken. Eine weitere Studie ist von Riek und Kollegen, in ihrer Studie untersuchten sie den Effekt, den das automatische Imitieren der Kopfbewegung hat. Dafür haben sie einen Roboter (Abb. 3.5(a)) eingesetzt, der einem Schimpansen nachempfunden ist. Die Teilnehmer hatten eine Unterhaltung mit dem Roboter, während dessen hat dieser alles Kopfbewegungen imitiert, nur das Nicken des Teilnehmer imitiert oder sie gar nicht imitiert.

Gonsior und Kollegen haben den Roboter Eddie (Abb. 3.5(b)) eingesetzt, um den Effekt von Mimicry auf die Mensch-Roboter Interaktion zu untersuchen

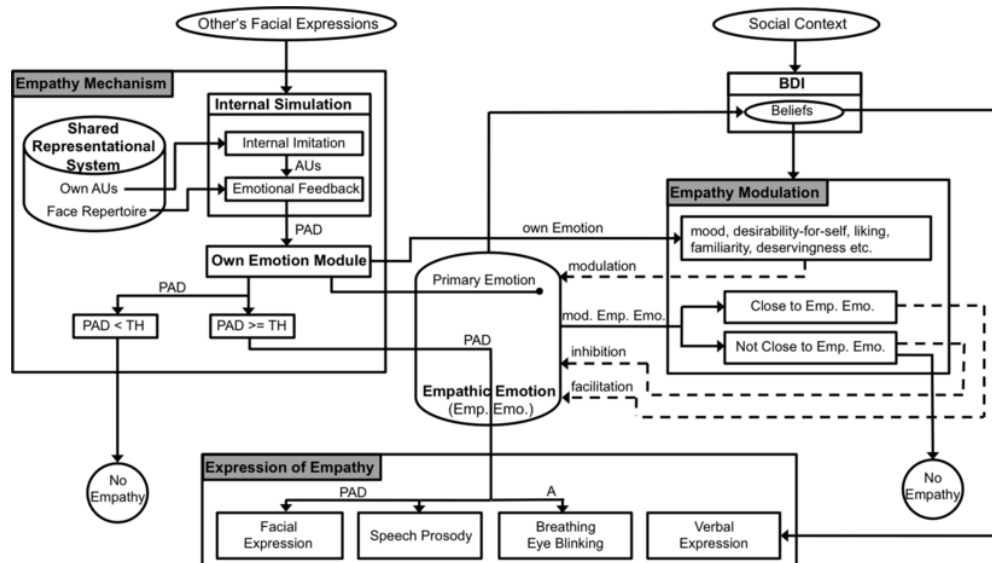


Abbildung 3.6: Das Modell für Empathie zwischen zwei virtuellen Agenten, vorgeschlagen von Boukricha und Wachsmuth. Es basiert auf dem Late Appraisal Modell [de Vignemont and Singer, 2006]. Der Empathie-Prozess besteht aus drei Schritten, *Empathy Mechanism*, *Empathy Modulation* und *Expression of Empathy*

[Barbara Gonsior, 2011]. In der Studie haben sie drei unterschiedliche Konditionen getestet, einmal hat der Roboter die Gesichtsausdrücke der Teilnehmer ignoriert und zeigt einen neutralen Gesichtsausdruck, in der zweiten Kondition hat er diese imitiert und in der dritten Kondition hat er einen Gesichtsausdruck, basiert auf seinem eigenen emotionalen Zustand, dargestellt. Als ein Ergebnis konnten sie herausstellen, dass der Roboter und die Interaktion in der Imitations-Kondition besser bewertet wurde als in der neutralen Kondition. Daraus schließen sie, dass soziale Faktoren in der Mensch-Roboter-Interaktion wichtig sind und einen positiven Effekt auf diese haben.

3.5 Empathie-basiertes emotionales Alignment

Die meisten Computermodelle für künstliche Emotionen konzentrieren sich darauf, einen emotionalen Zustand für einen Agenten zu berechnen und diesen über eine Modalität (z.B. mimisch oder prosodisch) auszudrücken. Viele davon setzen dabei auf die Theorie der Basisemotionen von Ekman [Ekman, 1992]. Bisher sind keine Modelle bekannt, die emotionale Angleichungsprozesse zwischen Mensch und Roboter

modellieren [Damm et al., 2011].

In 2011 wurde von Boukricha und Wachsmuth [Boukricha and Wachsmuth, 2011] ein Modell vorgestellt, welches emotionales Alignment zwischen zwei virtuellen Agenten simuliert. Dabei setzt es auf das WASABI-Simulation von Becker-Asano [Becker-Asano, 2008] und erweitert diese um die Fähigkeit von Empathie zwischen zwei virtuellen Agenten. In ihrer Arbeit verfolgen sie die Annahme von Hoffman [Hoffman, 2001] und Davis [Davis, 1994] und nehmen an, dass die emphatische Reaktion nicht unbedingt dem wahrgenommen Affekt des Partners entsprechen muss, sie muss lediglich zur emotionalen Äusserung des Partners passen. Um das zu erreichen, nutzen sie verschiedene Faktoren, um die emphatische Reaktion auf die Situation anzupassen. Abhängig von diesen Faktoren kann sich die Reaktion in ihrer Intensität und auch im Typen von der wahrgenommenen Emotion unterscheiden. Damit sie sich nicht schon bei der Erkennung der Emotion auf eine Kategorie festlegen müssen, stellen sie einen Ansatz vor, der die PAD-Werte einer Emotion mit Hilfe von Facial Action Units (AUs) [Ekman and Friesen, 1978] bestimmt.

Wie in Abbildung 3.6 zu erkennen ist, wird das Alignment in drei Schritten simuliert. Im ersten Schritt wird, basierend auf dem wahrgenommenen Gesichtsausdruck des zweiten Agenten, eine emphatische Emotion berechnet. Dieser Schritt soll als eine Art Mimicry verstanden werden. Im zweiten Schritt, der *Empathy Modulation*, wird zuvor berechnete emphatische Reaktion mit weiteren Faktoren des Agenten verrechnet. Dazu gehören intrapersonale Eigenschaften des Agenten, wie zum Beispiel seine Stimmung, aber auch „zwischenmenschliche“ wie das Verhältnis zum anderen Agenten, ist er ein Bekannter oder ein Unbekannter, usw. Im dritten Schritt wird die berechnete Emotion von Agenten dargestellt. Dies kann über verschieden Modalitäten geschehen, der Gesichtsausdruck wird dabei durch den PAD-Wert der modulierten emphatischen Emotion generiert. Die Prosodie der verbalen Äusserung wird ebenfalls durch den PAD-Wert codiert. Die weiteren Modalitäten wie das Blinzeln der Augen und die Atemrate werden durch den Arousal-Wert der modulierten emphatischen Emotionen bestimmt.

3.6 Diskussion

In diesem Abschnitt wurden Modelle von künstlichen Emotionen bei virtuellen Agenten und Robotern vorgestellt. Die Modelle unterscheiden sich dabei nicht nur in ihrem Aufbau, sondern auch in den Prozessen, die sie simulieren. Alle Modelle führen zu einer verbesserten Mensch-Roboter Interaktion (HRI) und setzen dabei vollkommen unterschiedlich komplexe Prozesse ein. Das OCC Modell verfolgt einen regelbasierten Ansatz, um so durch das Evaluieren der Situation eine emotionale Reaktion zu bestimmen. Die WASABI Emotionsdynamik verfolgt hingegen eine Kombination aus Basisemotionen und einem dimensionalen Ansatz. Der Ansatz für Empathie zwischen zwei virtuellen Agenten benutzt eine erweiterte Version der WASABI Emotionsdynamik. Die Mimicry-basierten Ansätze hingegen setzen teilweise auf eine simple Verknüpfung zwischen Sensoren und Aktuatoren. So erreichen sie ohne ein komplexes Reasoning oder weitere Verarbeitung der Eingaben eine signifikante Verbesserung in der HRI und HAI. Durch den Einsatz von *facial mimicry* wurden die Roboter als wesentlich sympatischer und reaktiver wahrgenommen. Im folgenden wird nun ein Modell vorgestellt, das diese Modelle in einem System vereint und so zur Verbesserung der HRI beitragen soll.

4 Entwurf eines Modells für emotionales Alignment

Im folgenden Kapitel wird ein Modell vorgestellt, das ein emotionales Alignment in der Mensch-Roboter Interaktion ermöglicht. Dafür werden zunächst die Anforderungen und damit die Fragen, die das Modell behandeln soll, formuliert. Anschliessend werden mehrere Studien vorgestellt, mit denen das Modell empirisch untermauert wird. Abschliessend wird das vorgeschlagene Modell beschrieben.

4.1 Grundlagen und Anforderungen an ein Modell für emotionales Alignment

Ein Modell für emotionales Alignment zwischen Menschen und Robotern sollte in der Lage sein, die gleichen Phänomene zu produzieren, die auch in der Mensch-Mensch Interaktion beobachtet werden können.

Als theoretische Basis für dieses Modell werden drei Ansätze kombiniert:

1. Das Kommunikations-Modell von Pickering und Garrod [Pickering and Garrod, 2004]. In ihrem Artikel stellen sie einen Ansatz für spontane und automatische Angleichungsprozesse in der natürlichen Kommunikation vor. Sie diskutieren das Alignment von emotionalen (Gesichts-)Ausdrücken oder das Adaptieren von Emotionen in ihrem Modell jedoch nicht explizit.

Die, von Fridlund vorgeschlagene, Theorie zur sozialen Interaktion [Fridlund, 1994]. Diese Theorie stellt eine Verbindung zwischen Emotionen und emotionalen Ausdrücken mit dem, aktuell vorherrschenden, sozialen Kontext her. Aus Studien von van Berkum et al. [Van Berkum et al., 2008] ist bereits bekannt, dass die Identität des Partners bereits sehr früh nach Beginn der Interaktion eine

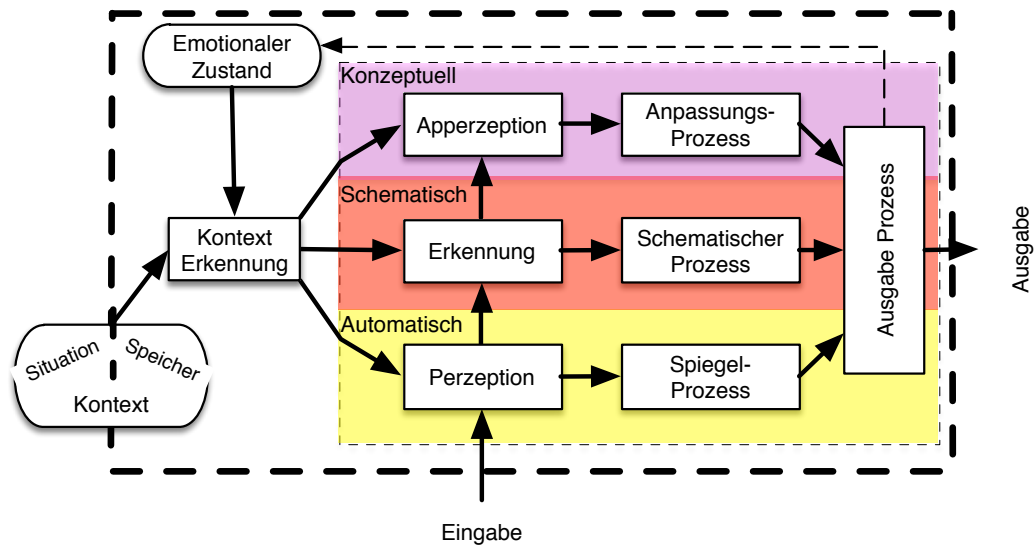


Abbildung 4.1: Der Aufbau des Modell für emotionales Alignment. Aufgeteilt in die drei Ebenen für automatisches, schematisches und konzeptuelles emotionales Alignment

große Rolle spielt. Daher könnte es sehr interessant sein, den Unterschied zwischen einem bekannten und einem unbekanntem Interaktionspartner zu untersuchen.

2. Einem neuronalen Ansatz, der die interne Repräsentation und die Verarbeitung von Emotionen im Menschen betrachtet. Man geht beim Menschen davon aus, dass verschiedene emotionale Funktionen durch unterschiedliche kortikale Strukturen definiert werden [Ochsner and Barrett, 2001]; [LeDoux and Bemporad, 1997].

Mit diesen drei Punkten lassen sich die drei Ebenen, wie in Abbildung 4.1 zu sehen, beschreiben. Die untere Ebene, für die automatische Adaption, bezieht sich auf Punkt 1 der Aufzählung und beschreibt die automatischen und spontanen Mechanismen zum Alignment. Die mittlere Ebene integriert den Kontext, oder genauer gesagt, Ereignisse, die am Rande der Interaktion stattfinden. Ebenso integriert sie schematisches Alignment und bezieht sich somit auf den 2. Punkt der Aufzählung. Die obere Ebene bezieht sich auf den 3. Punkt und somit auf die konzeptuelle Adaption. Dies integriert den bewussten Einsatz von Emotionen und das strategische emotionale Alignment.

| Nr. | Name | Probandengruppe |
|-----|---------------------|---|
| 1 | Fussball-Diskussion | Gesunde Probanden |
| 2 | Aphasie-Studie | Aphasie-Patienten |
| 3 | Parkinson-Studie | Parkinson-Patienten |
| 4 | Autismus-Studie | Patienten mit High-functioning-Autismus und Kontrollprobanden |
| 5 | EMG-Studie | Gesunde Probanden |
| 6 | Therapie-Studie | Aphasie-Patient |

Tabelle 4.1: Übersicht der Probanden-Gruppen und der empirischen Studien, die durchgeführt wurden, um die Zusammenhänge zwischen den Schichten zu untersuchen.

4.2 Empirische Grundlage für das Modell

Basierend auf den, im Abschnitt 2.7.3 vorgestellten, Studien und den Erkenntnissen, die in den im folgenden beschriebenen Studien gewonnen wurden, kann man von einer flexiblen Verbindung von sprachlichem und emotionalem Alignment in Abhängigkeit von der Ebene, auf der das Alignment passiert, ausgehen. Die Tabelle 4.1 stellt die Übersicht der Studien, die durchgeführt wurden, um das hierarchische Modell für Alignment, neben der bereits angeführten Dritt-Literatur empirisch zu begründen und zu untermauern.

Bei Studie 2 (Tabelle 4.1, Reihe 2) handelt es sich um eine Patientenstudie mit Aphasikern als Gruppe. Menschen mit Aphasie leiden an Störung der Sprache infolge einer Läsion in der dominanten, meist der linken, Hemisphäre des Gehirns. Dadurch bedingt haben sie Probleme dabei, Emotionen, die auf Fotos mit Gesichtern zu sehen sind, korrekt zu benennen. Für diese Aufgabe ist, nach Davis [Davis, 1994], das *affective perspective-taking* von größter Bedeutung. Dies erfordert konzeptuelles, emotionales Wissen und, im Ebenen-Modell, emotionale Anpassung auf der höchsten Ebene. Dennoch konnten keine Unterschiede im *emotional contagion* oder im emotionalen Alignment in der Unterhaltung (Angleichung von emotionalen Wörter oder Gesten) zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Dies deutet darauf hin, dass die Fähigkeiten der Sprachverarbeitung mit dem emotionalen Alignment auf konzeptueller Ebene in Verbindung stehen, nicht aber mit den Prozessen auf schematischen (*contagion*) oder der automatischen (*mimicry*) Ebene (siehe Tabelle

4.2, S2).

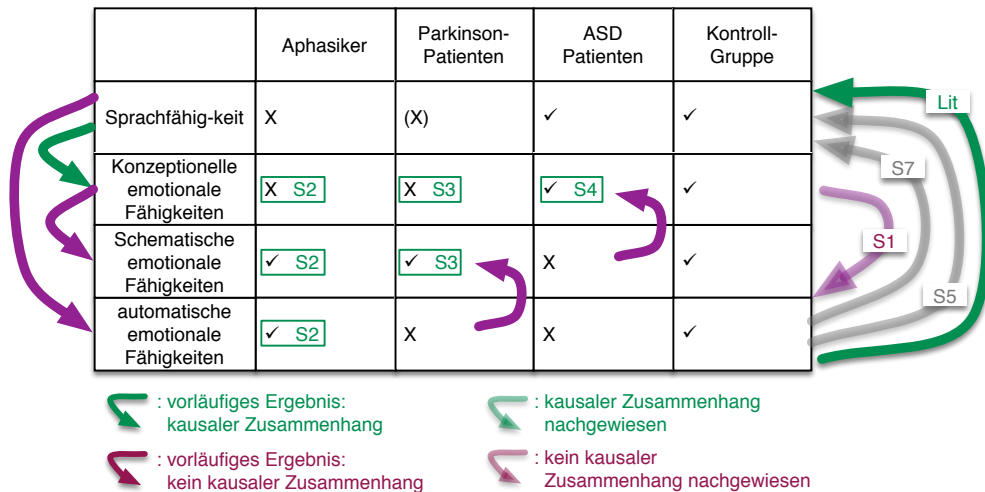


Abbildung 4.2: Einordnung der empirischen Studien, die durchgeführt wurden, um die Zusammenhänge zwischen den Schichten zu untersuchen.

Eine vergleichbare Studie wurde mit einer Patientengruppe mit Parkinson (PD) durchgeführt (Tabelle 4.1, Reihe 3). Bei Patienten mit PD liegt eine Störung der Wahrnehmung von mimischen und auditiven Emotionen vor. Bei dieser Studie wurde eine verminderte konzeptuelle, emotionale Intelligenz festgestellt, auf sprachlicher Ebene konnten keine Unterschiede im emotionalen Alignment gemessen werden [Jaacks et al., 2012].

Von Patienten mit High-functioning-Autismus (HFA) ist bekannt, dass sie unter anderem Probleme mit der Pragmatik haben, also mit der kontextabhängigen und nicht-wörtlichen Bedeutungen in der Verwendung von sprachlichen Ausdrücken, dazu kommen in vielen Fällen noch Verhaltensauffälligkeiten. Die in dieser Studie getestete Gruppe hatte keine Probleme mit dem Aufbau der Sprache und der verbalen Interaktion (Tabelle 4.1, Reihe 4). In dieser Studie konnten, im Vergleich zu gesunden Probanden, keine Unterschiede im konzeptuellen emotionalen Alignment gefunden werden. In einer weiteren Studie, in der gesunde Teilnehmer mit einem Versuchsleiter über Fußball diskutiert haben (Tabelle 4.1, Reihe 1), wurde untersucht, inwiefern

das automatische emotionale Alignment und Contagion mit der Fähigkeit zum konzeptuellen emotionalen Alignment korreliert sind. In dieser Studie konnten keine Zusammenhänge nachgewiesen werden [Jaacks and Hielscher-Fastabend, 2008].

Diese Studien stützen das Modell für emotionales Alignment wie in Tabelle 4.2 dargestellt. Es wurde gezeigt, dass Aphasiker Einschränkungen beim konzeptuellen, emotionalen Alignment haben, nicht aber beim emotionalen Alignment auf nicht-kognitiver Ebene (Contagion und Mimicry). Auf der anderen Seite sieht man, dass Patienten mit Autismus (hier HFA) Probleme auf der schematischen Ebene (Contagion) haben, dies beeinflusst aber nicht das Alignment auf der konzeptuellen Ebene. Als Drittes wurde deutlich, dass eine eingeschränkte Fähigkeit zu Mimicry, wie bei den Parkinson Patienten, sich nicht unbedingt auf die Fähigkeit zum schematischen, emotionalen Alignment (Contagion) auswirkt.

In einer Studie, in der gesunde Probanden ein Märchen präsentiert bekamen, kombiniert mit zum Inhalt kongruenten und inkongruenten emotionalen Gesichtsausdrücken, wurde untersucht, inwiefern die kognitive Leistungsfähigkeit des Zuhörers vom Erzähler (Mensch und Roboter) und der Kongruenz des semantischen Inhalts und der präsentierten Emotionen abhängen. Es konnte jedoch kein Zusammenhang bezüglich der Kongruenz von semantischen Inhalt der Geschichte und der Emotion, die der Erzähler im Gesicht gezeigt hat, aufgezeigt werden. Allerdings konnte gezeigt werden, dass wenn die Teilnehmer die Geschichte vom Roboter vorgelesen bekommen, die gestellte Aufgabe signifikant besser erfüllt wird [Malchus et al., 2013b].

In der Mensch-Roboter Interaktion (HRI) spielen, ebenso wie in der Mensch-Mensch Interaktion, Emotionen und emotionale Äußerungen eine sehr wichtige Rolle. Sie haben, egal ob sie bewusst oder unbewusst geäußert werden, eine große Auswirkung auf den Verlauf der Interaktion. Es gibt unzählige Ansätze, die Emotionen in die Robotik integrieren. In den meisten Fällen haben die Roboter die Fähigkeit, diese uni- oder multimedial zu äußern.

4.2.1 Grundlagen für die Integration in die HRI

Es wurden viele verschiedene Roboter entworfen und hergestellt, die sehr gut geeignet sind, um Emotionen mit ihrem Gesicht darzustellen. Ein Beispiel dafür ist Kismet oder

Leonardo [Breazeal, 2004b], beide Roboter sind am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt worden und wurden dort für Studienzwecke eingesetzt. Ein weiteres Beispiel für einen sozialen Roboter ist der Flobi Roboter [Hegel et al., 2010]. Der Roboter wurde an der Universität Bielefeld entwickelt und wird dort in unterschiedlichen Forschungsdisziplinen eingesetzt. Seine 16 Freiheitsgrade (DoF) geben sehr viel Spielraum für mimische Ausdrücke. Die Gesichtsausdrücke für die Basisemotionen wurden in Form von statischen Bildern und dynamischen Videos evaluiert.

Ein Grund, warum Roboter in der Lage sein sollten, während einer Interaktion mit einem Menschen Emotionen auszudrücken ist, dass wir einem Roboter gewisse Fähigkeiten zuschreiben, je menschenähnlicher er aussieht [Weiss et al., 2011]. In 1970 hat Mori [Mori, 1970] die Hypothese aufgestellt, dass ein Roboter umso vertrauter für uns wird, je menschenähnlicher er aussieht. Unterstützt wird dies von einer Studie, die von Hegel und Kollegen durchgeführt wurde [Hegel et al., 2008]. In dieser Studie haben sie gezeigt, dass der Grad des Anthropomorphismus eines Roboters die neuronale Aktivität in den Bereichen des Gehirns, die mit dem Perspective Taking und der Fähigkeit für Theory of Mind in Verbindung gebracht wird, beeinflusst. Dafür haben Teilnehmer, wie auf Abbildung 4.3 dargestellt, ihre späteren Gegenspieler gesehen und haben im Anschluss gegen sie das Spiel „Gefangenendilemma“ gespielt.

Das Ergebnis unterstreicht die Annahme, dass Menschen Robotern, die dem Menschen ähnlich sehen, mehr soziale Fähigkeiten und Eigenschaften zusprechen. Das bedeutet also, dass das mentale Bild, was sich ein Mensch von einem Roboter macht, in erster Linie davon abhängt, wie menschenähnlich der Roboter aussieht und sich bewegt.

Viele Computermodelle für Emotionen verfolgen das Ziel, die Mensch-Roboter Interaktion natürlicher und angenehmer zu gestalten [Ogata and Sugano, 2000],[Cañamero and Fredslund, 2001]. Bei Anderen sind Emotionen als Teil einer komplexen kognitiven Architektur modelliert [Cañamero, 1997],[Velásquez, 1998a],[Breazeal, 2004b]. Es gibt jedoch kein Modell, welches die unterschiedlichen Ebenen vom emotionalen Alignment berücksichtigt. Dabei ist durchaus bekannt, dass nicht nur emotionale Mimicry, sondern auch komplexe Prozesse wie Empathie für die soziale Interaktion sehr wichtig sind.

In der sozialen Robotik wurden lange keine holistischen, kommunikativen Modelle, die neben emotionalen Prozessen wie Mimicry oder Empathie auch den situativen Kontext einbeziehen, berücksichtigt. Erst in den letzten Jahren konnten Studien belegen, dass kommunikative, aber auch emotionale Angleichungsprozesse eine wichtige Rolle für die



Abbildung 4.3: Aufbau der Studie von Hegel et al. . Vor der eigentlichen Messung haben die Teilnehmer ihre Gegner gesehen und „kennengelernt“ (Roboter, Computer, Mensch und funktionaler Roboter (von links nach rechts))

Interaktion zwischen Menschen, aber auch zwischen Menschen und Robotern spielen (z.B. [Fischer and van Kleef, 2010];[Leite et al., 2011];[der Pütten et al., 2013]).

In Anlehnung an das multidimensionale Modell für Empathie von Davis [Davis, 1994] (siehe 2.7.2) wird hier ein dreischichtiges Modell für emotionales Alignment zwischen Mensch und Roboter vorgestellt. Dieses Modell soll kein äquivalentes Abbild der Prozesse sein, die beim Menschen zu emotionalen Alignment führen, vielmehr soll es die gleichen Phänomene reproduzieren und so zu einer besseren und einfacheren Interaktion zwischen Mensch und Roboter beitragen. Der Fokus in diesem Modell liegt ganz klar auf interpersonalen Faktoren von Emotionen, es soll kein emotionaler Zustand berechnet und durch einen Roboter ausgedrückt werden. Vielmehr soll mit Hilfe des Modells untersucht werden, wie der Roboter in einer Interaktion mit einem Menschen reagieren soll. Wird der Roboter z.B. positiver wahrgenommen, wenn er eine erkannte Emotionen imitiert, also Mimicry macht, oder sollte er die Situation zuvor genauer evaluieren und dann das traurige Gesicht des Menschen nicht einfach spiegeln, sondern ihn mit einer positiveren Emotionen trösten?

4.3 Emotionales Alignment

Im folgenden Kapitel wird der theoretische Aufbau des vorgestellten Modells beschrieben. Dazu werden die drei Ebenen im Detail diskutiert und die jeweils zu Grunde liegende Theorie angeführt. Neben den einzelnen Ebenen werden auch der Input und der Output genauer betrachtet. Wie bereits in Kapitel 2 genauer beschrieben, geschieht das emotionale Alignment auf unterschiedlichen Ebenen, diese unterscheiden sich unter anderem in ihrer Komplexität.

4.3.1 Automatisches Emotionales Alignment

In manchen Situation spiegeln Menschen einen emotionalen Ausdruck, den sie gerade bei ihrem Interaktionspartner gesehen oder auch gehört haben, wider. Dieses automatische Spiegeln geschieht unmittelbar und ohne dass die Situation genauer evaluiert wird. Bei diesem Phänomen spricht man von Mimicry [Bavelas et al., 1986]. Bei Mimicry handelt es sich um eine non-verbale Reaktion, die in einer sozialen Interaktion sehr häufig auftritt. Auf diese Art lachen wir mit jemanden, mit wenn er sich freut, oder zeigen auch ein schmerzverzerrtes Gesicht, wenn sich die Person verletzt [Bavelas et al., 1986]. Mimicry ist aber nicht beschränkt auf die Gesichtsmimik, wir können sie zum Beispiel

auch beobachten, wenn eine Mutter ihr Kind füttert und dabei selbst den Mund öffnet [Bavelas et al., 1987].

Diese Art der emotionalen Angleichung zeigt dem Empfänger nicht nur, dass dem Sender etwas an der Interaktion liegt, vielmehr löst es auch unbewusst bei ihm etwas aus. So konnte gezeigt werden, dass ein Gast im Restaurant der Kellnerin signifikant mehr Trinkgeld gibt, wenn diese Teile der Sätze, die der Gast spricht, wiederholt [van Baaren et al., 2003].

Dieser Effekt ist nicht nur in der Mensch-Mensch Interaktion (HHI) zu finden, auch in der Mensch-Roboter Interaktion (HRI) sind solche Effekte nachgewiesen. In 2006 konnten Hegel et al. [Hegel et al., 2006] zeigen, dass ein anthropomorpher Roboter durch den Einsatz von Mimicry die Bewertung der Roboter beeinflusst. Die Teilnehmer bekamen die Aufgabe, einem Roboter ein Stück eines Märchens vorzulesen. Während dessen zeigten sie natürliche und zur Geschichte passende Emotionen. Die Teilnehmer wurden in zwei Gruppen eingeteilt, zum einen reagierte der Roboter auf die Emotion in der Sprache und imitierte diese. In der zweiten Kondition gab er neutrale, non-verbale Signale die verdeutlichen sollten, dass er den Menschen versteht. Nach der Interaktion sollten die Teilnehmer beurteilen, ob die Reaktion des Roboters angemessen war, ob der Roboter fähig ist, Emotionen zu erkennen und darzustellen und den Grad der Menschlichkeit im Bezug auf die Reaktion des Roboters zu bewerten.

4.3.2 Schematisches Emotionales Alignment

Auf der Ebene des schematischen emotionalen Alignment sind gelernte Verknüpfungen zwischen dem wahrgenommenen Reizen und einer schematischen Reaktion repräsentiert. Aber auch *emotional contagion* ist ein wichtiger Aspekt auf dieser Ebene. Es basiert auf einer komplexen affektiven Repräsentation, resultierend aus *intermodal binding* [Pourtois et al., 2005] und aus der Kombination von Perzeption von Reizen mit der Produktion von Äusserungen gepaart mit Aspekten aus dem situativen Kontext. In ihrer Beschreibung fokussiert sich Hatfield nicht nur auf die rein psychologische Wirkung, sondern betrachtet auch die sozialen Auswirkungen.

Gesichtsausdrücke scheinen das Fundament jeder emotionalen Bewegung zwischen Menschen zu sein. Bereits wenige Stunden alte Babys imitieren automatisch Gesichtsausdrücke anderer Personen. Wenn wir lächeln, lächelt das Baby zurück [Hatfield et al., 1993].

Für das hier vorgeschlagene Modell ist die wichtigste Eigenschaft dieser Ebene, dass Informationen aus unterschiedlichen, relevanten, Kommunikationskanälen gewonnen werden können [Hatfield et al., 1993]. So wird das Reagieren auf Ergebnisse aus dem situativen Kontext und das spontane Alignment mit anderen Personen möglich. Dies kann zu inkongruenten Reaktionen führen, also dass die wahrgenommene Emotion nicht einfach gespiegelt wird (zum Beispiel das Wut oder Bedrohung zu Angst / Flucht führen).

4.3.3 Konzeptuelles Emotionales Alignment

Die dritte Ebene bezieht, mit dem konzeptuellen emotionalen Alignment, die kognitiv komplexesten Prozesse ein, im Bezug auf die Interaktion spricht man hier von Empathie. Wie im Kapitel 2 bereits diskutiert, versteht man unter Empathie die Fähigkeit, sich in die Lage anderer Personen zu versetzen. So ist es möglich, Gefühle und Gedanken anderer nachzuempfinden [Ruby and Decety, 2004]. Der maßgebliche Unterschied zu den anderen Ebenen ist das bewusste Verarbeiten unter Berücksichtigung des eigenen Zustandes und der Auswirkung der aktuellen Situation auf mich selbst [Teasdale, 1999]; [Barnard and Teasdale, 2014]. Dieses Konzept vom kognitiven emotionalem Alignment spielt zum Beispiel in der Arzt-Patienten Beziehung eine wichtige Rolle, wenn zum Beispiel der Arzt die emotionale Regung des Patienten wahrnimmt und bewusst (verbal oder non-verbal) emphatisch darauf reagiert. Ein ähnliches Szenario ist auch in der Mensch-Roboter Interaktion (HRI) denkbar, in den vergangenen Jahren wurden immer mehr die Einsatzmöglichkeiten von Robotern in der Gesundheitsversorgung, in Pflegeheimen oder für therapeutisches Arbeiten erforscht (z.B.: [Wada et al., 2005]).

4.3.4 Aufbau des Modells

Neben den drei Ebenen gehören noch weitere Komponenten zum Modell. Dazu gehören, wie in Abbildung 4.1 zu erkennen, noch ein emotionaler Zustand des Roboters, die Komponenten für den Kontext und der Prozess, der über die Ausgabe entscheidet.

4.3.5 Anbindung der WASABI-Architektur

Wie schon im Kapitel 2 beschrieben hat der eigene Affekt eine große Auswirkung auf weitere Prozesse, wie zum Beispiel die Kreativität beim Lösen von Problemen. Auch

wenn das Modell ausdrücklich keinen emotionalen Zustand für einen Roboter modellieren will, so ist für das Verarbeiten spätestens auf Ebene des konzeptuellen emotionalen Alignment ein eigener emotionaler Zustand notwendig. Für diesen Zweck wurde die WASABI Emotionsdynamik vorgesehen und angebunden. Diese arbeitet weitestgehend autonom und benötigt als Eingabe nur positive und negative Impulse. Der emotionale Zustand des Roboters hat einen direkten Einfluss auf die Verarbeitung des Kontextes und so indirekt auch auf die Informationsverarbeitung auf allen Ebenen. So kann sich der emotionale Zustand zum Beispiel negativ auf das automatische emotionale Alignment auswirken und dies zum Beispiel unterbinden, wenn mein Gegenspieler gerade das gemeinsame Spiel gewinnt.

4.4 Entscheidungsprozess während der Interaktion

Während der Interaktion kommt es vor jeder emotionalen Äußerung zu einem Entscheidungsprozess, hier wird entschieden, welche Reaktion von welcher Ebene ausgedrückt wird. Dabei kann es zu unterschiedlichen Konstellationen kommen:

- *Alle Ebene produzieren den gleichen Output.* Die ermittelte Emotion wird zusammen mit der szenario-spezifischen Ausgabe wiedergegeben.
- *Nur eine Ebene produziert einen Output.* Die von dieser Ebene ermittelte Emotion wird zusammen mit der szenario-spezifischen Ausgabe wiedergegeben.
- *Keine der Ebenen produziert einen Output.* Nur die szenario-spezifischen Ausgabe wird wiedergegeben.
- *Zwei oder drei Ebenen produzieren einen Output.* Wenn dieser Fall eintritt, kann die emotionale Ausgabe von unterschiedlichen Faktoren abhängen. Das können externe Faktoren sein, also Faktoren, die aus der Interaktion abgeleitet werden. Wie zum Beispiel, wenn die Interaktion schon länger andauert, wird der Roboter dem Interaktionspartner weniger Mimiken und mehr Informationen aus dem Verlauf oder dem aktuellen Status der Interaktion einfließen lassen. Ebenso kann der automatische Prozess durch den schematischen Prozess überschrieben werden, das ist wichtig, wenn zum Beispiel die Interaktion durch ein Ereignis abseits der eigentlichen Interaktion unterbrochen wird.

4.4.1 Evaluation von Kontext-Ereignissen

Die Einbeziehung des Kontextes ist ein wichtiger Bestandteil des gesamten Modells. Dies wird durch die zentrale Position des Kontext verarbeitenden Prozesses deutlich. Er spielt eine so zentrale Rolle, da zum Kontext nicht nur die Ereignisse gehören, die ausserhalb der eigentlichen Interaktion stattfinden, sondern auch die Interaktion selbst. Daher hat er auch einen so großen Einfluss auf die Informationsverarbeitung auf allen drei Ebenen. So lässt sich zum Beispiel über das konzeptuelle emotionale Alignment der strategische Einsatz von Emotionen realisieren. Wenn der Roboter während eines Spiels zurückfällt und das Spiel bald verloren geht, könnte er eine Emotion gezielt einsetzen, um ein Spielpartner zu verunsichern und den Spielverlauf zu seinen Gunsten zu beeinflussen. Andererseits kann der Kontext gewisse Reaktion auch im Vorhinein ausschliessen. Wenn man sich noch einmal die Arzt-Patienten oder Therapeut-Patienten Beziehung vorstellt, ist es von großer Bedeutung, dass der Arzt oder Therapeut die emotionale Regung des Patienten wahrnimmt und nicht automatisch, sondern bewusst (verbal oder non-verbal) emphatisch reagiert.

4.5 Diskussion

In diesem Kapitel wurde beschrieben, warum Emotionen für soziale Roboter wichtig sind und warum auch der situative Kontext mit einbezogen werden sollte. Dazu wurde die Relevanz der drei Ebenen dargestellt und anhand von entsprechender Literatur unter Beispielen dessen Einsatz motiviert. Des Weiteren wurde erläutert, wie das zuvor beschriebene Modell für einen sozialen Roboter nutzbar gemacht werden kann. Im Bezug auf die, zu Beginn formulierten, Forschungsfragen konnten drei Prozesse identifiziert werden. Diese drei Prozesse sind für eine emotionale Angleichung relevant und notwendig. Namentlich sind diese das automatische emotionale Alignment, das schematische emotionale Alignment und das konzeptuelle emotionale Alignment. Die Gliederung in diese drei Prozesse wird zum einen durch entsprechende Literatur gestützt, zum anderen aber auch mit Hilfe der durchgeführten und oben präsentierten Studien motiviert. Es wurden drei unterschiedliche Patienten-Gruppen ausgewählt (siehe Tabelle 4.1), um so die drei Prozesse systematisch zu untersuchen (siehe Tabelle 4.2).

5 Konzeption und Realisierung des Systems

In diesem Kapitel wird der Aufbau des Computermodells für die Simulation von emotionalen Angleichungsprozessen in der Mensch-Roboter Interaktion beschrieben. Wie bereits im früheren Kapitel beschrieben, sollte ein System entworfen werden, welches in der Lage ist, die gleichen Phänomene zu produzieren, die man in der Interaktion zwischen Menschen beobachten kann. Diese reichen vom direkten und unmittelbaren Spiegeln von emotionalen Gesichtsausdrücken (mimicry), über emotionale Ansteckung (emotional contagion) bis hin zu emphatischen Reaktionen.

5.1 Ein Computermodell für emotionales Alignment

Nicht nur zwischen den Menschen haben Emotionen und das emotionale Alignment einen großen Einfluss auf den Verlauf einer Interaktion, auch bei der HRI kann sich diese Art der Angleichung positiv auf die Interaktion auswirken. Wie schon im Kapitel 3 erläutert wurde, gibt es viele Systeme, die Emotionen in die HRI integrieren, dazu existieren unzählige Studien, in denen die Effekte von Emotionen bei Robotern untersucht werden.

Je menschlicher ein Roboter aussieht, desto menschenähnlicheres Verhalten erwarten wir auch während einer Interaktion mit ihm. Von einem sozialen Roboter wird erwartet, dass er so (ähnlich) reagiert, wie es ein Mensch tun würde (z.B. [Weiss et al., 2011]). Bereits in den siebziger Jahren prägte Mori den Ausdruck des "Phänomen des unheimlichen Tals"(siehe Abb. 5.1), besser bekannt als das *uncanny valley* oder der *uncanny valley*-Effekt [Mori et al., 2012]. Die Hypothese besagt, dass die Wahrnehmung eines Roboters schlagartig von Empathie zu Abneigung und Ekel springt, sobald dieser einen gewissen Grad an Ähnlichkeit zum Menschen überschritten hat, aber nicht die entsprechenden Erwartungen erfüllt.

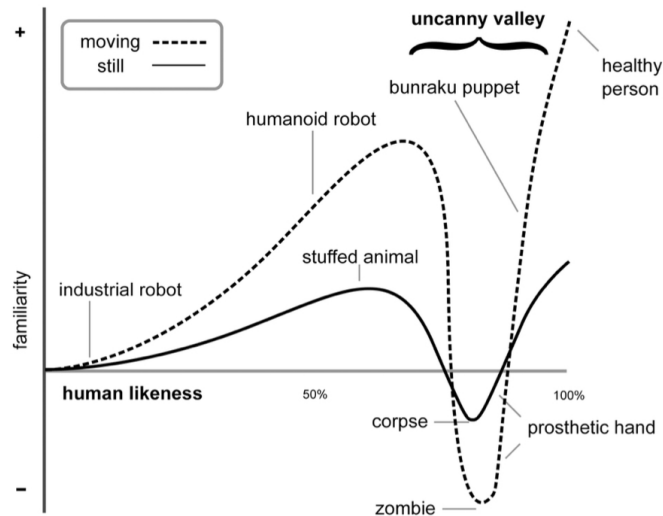


Abbildung 5.1: Der Uncanny-Valley-Effekt: Akzeptanz des Roboters durch einen Menschen mit dem erwartbaren linearen Verlauf und dem tatsächlichen Verlauf. (Quelle: nature.com)

In einer Studie von Hegel und Kollegen [Hegel et al., 2008] konnte gezeigt werden, dass der Grad von Anthropomorphismus eines Roboters einen Einfluss auf die Wahrnehmung und auch die neuronale Aktivität hat. Die Teilnehmer spielten das Gefangenendilemma gegen unterschiedliche Gegner, einen Menschen, einen (sozialen) Roboter, einen funktionalen Roboter und einen Computer. Gerade die Regionen im menschlichen Gehirn, von denen man annimmt, dass sie für das Perspektiv Taking und die Theory of Mind verantwortlich sind, zeigten eine erhöhte Aktivität. Diese Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass einem Roboter, der menschlich wirkt, auch mehr menschliche und soziale Fähigkeiten zugesprochen werden. Das bedeutet also, dass sich das mentale Modell, was man sich von einem Roboter gemacht hat, durch den Grad seiner Ähnlichkeit zum Menschen beeinflussen lässt. Diese Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass der gezielte Einsatz von Emotionen einen Einfluss auf die Interaktion zwischen Menschen und Robotern hat. Der Anlass zu dieser Vermutung wird durch verschiedene Studien gestützt. In einer Studie konnten Eyssel und Kollegen [Eyssel et al., 2010] zeigen, dass ein Roboter, der Emotionen zeigt, einem Roboter, der keine Emotionen zeigt, vorgezogen wird. Das Ergebnis konnte durch Leite [Leite et al., 2008] in einer weiteren Studie repliziert werden.

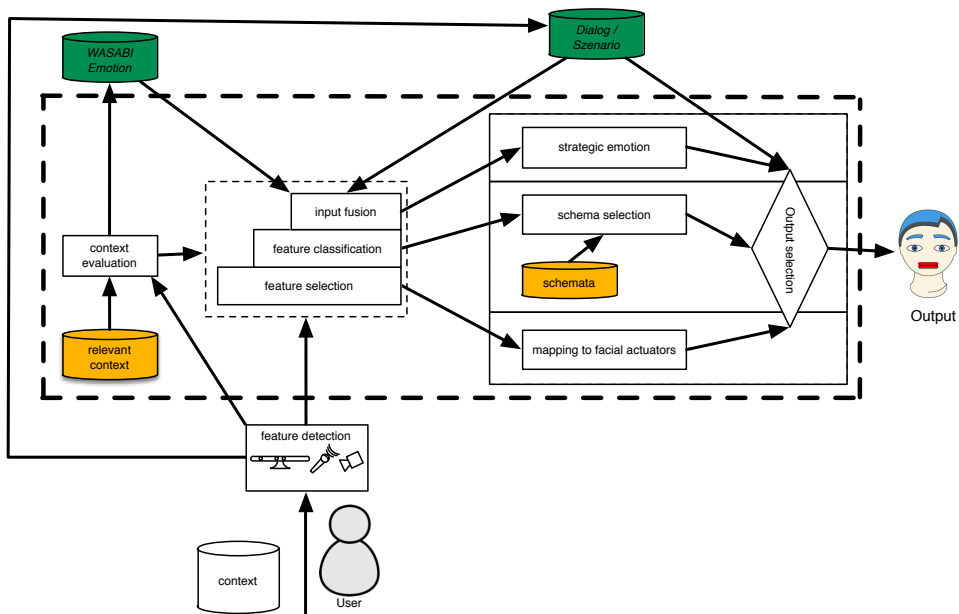


Abbildung 5.2: Aufbau des Modells für emotionale Angleichungsprozesse in der Interaktion mit einem sozialen Roboter

5.1.1 Aufbau des Systems

Im vorangegangenen Kapitel wurde bereits die Umsetzung der drei Ebenen motiviert. Diese drei Ebenen benötigen unterschiedliche Daten und geben ihre Informationen an die nächst höhere Ebene weiter.

1. Die unterste Ebene, das *automatische Alignment*, benötigt als Eingabe die reinen Sensordaten. Das können visuelle, aber auch auditive Informationen sein. Diese Daten werden an die zweite Ebene weitergegeben
2. Auf der zweiten Ebene wird das *schematische Alignment* modelliert. Die Sensordaten werden hier diskretisiert, mit einer Emotion gelabelt und einem Wert für dessen Reliabilität versehen.
3. Die dritte Ebene bekommt das Tupel von der zweiten Ebene und produziert so eine Ausgabe für ein *konzeptuelles Alignment*.

5.2 Integration der Ebenen

Im folgenden Kapitel wird nun das implementierte Computermodell beschrieben. Es basiert auf der, zuvor vorgestellten, dreischichtigen Architektur, entsprechend dieses Modells kann es in drei Ebenen von unterschiedlicher Funktion und Komplexität unterteilt werden. Diese Ebenen und die Interaktion zwischen ihnen wird im Folgenden genauer erläutert. Anschliessend werden noch die zu erarbeitenden Komponenten besprochen.

Ebene: Automatisch

In jeder Art von Mensch-Maschine Interaktion ist das Erkennen von Eingaben einer der schwierigsten Schritte. Unabhängig von der Modalität gibt es unterschiedlichste Fehlerquellen. Dies fängt bei der Spracherkennung mit Hintergrund- und Störgeräuschen an und geht hin bis zu Problemen bei der Erkennung von Wörtern. Bei den visuellen Verfahren (2D/3D) gibt es ähnliche Probleme, angefangen mit schlechten Lichtverhältnissen, über Oberflächen, die schwer zu erkennen sein können bis hin zu Verdeckungen im Bild. Zusammenfassend kann man sagen, dass es bei allen Arten von Erkennen „externe“ Probleme, also Probleme, die gegebenen Reize zu detektieren und „interne“ Probleme, das heisst Probleme, die erfassten Reize korrekt zu deuten, gibt [[Makhijani et al., 2013](#)], [[Forsberg, 2003](#)], [[Wagner et al., 2012](#)].

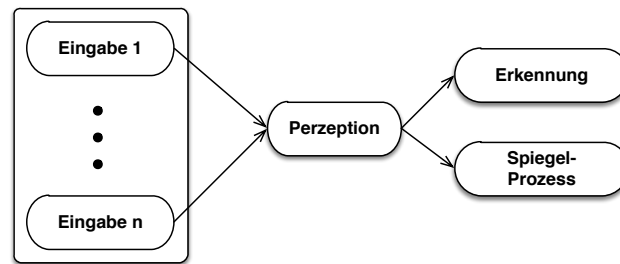


Abbildung 5.3: Diese schematische Darstellung beschreibt die Datenverarbeitung im untersten Layer des Modells. Die Sensordaten werden direkt auf die Aktuatoren des Roboters abgebildet. Des Weiteren werden die Informationen an die nächst höhere Ebene weitergegeben.

Um mit diesen Problemen umgehen zu können, empfiehlt es sich nicht nur, auf eine Modalität und einen Erkenner zu vertrauen. Genau zu diesem Zweck wurde das System so entworfen und umgesetzt, dass es möglich ist, mehrere Arten von Eingaben zu akzeptieren und auszuwerten. Diese Eingaben können von einer oder von unterschiedlichen Modalitäten stammen (siehe Abb. 5.3).

Die erfassten Eingaben werden an dieser Stelle noch nicht als diskrete Emotion verstanden. Abhängig vom eingesetzten Erkener arbeitet diese Ebene mit Actions Units (AUs) [Holthaus and Wachsmuth, 2013] oder auch mit einem Satz von Emotionen versehen mit einer Reliabilität [Küblbeck and Ernst, 2006]. Auf diese Art sind genug Informationen für den Mimicry-Prozess vorhanden und dieser kann eine Ausgabe berechnen. Zeitgleich werden die Daten an die nächste Ebene zur weiteren Verarbeitung übergeben.

Ebene: Schematisch

Die zweite Ebene modelliert die schematische Reaktion. Diese Ebene bekommt die vorverarbeiteten Daten der untersten Ebene und benutzt diese, um ein mögliches Schemata zu aktivieren. Dazu müssen die Daten, die vom untersten Layer zur Verfügung gestellt werden, diskretisiert werden, es muss also ein Mapping auf eine eindeutige Emotion stattfinden. Des Weiteren sind Informationen aus dem Kontext notwendig, damit ein Schema ausgewählt werden kann. Diese Schemata sind Szenario-spezifisch und stehen als Key-Value-Pairs zur Verfügung.

Ebene: Konzeptuell

Die dritte und oberste Ebene repräsentiert das konzeptuelle emotionale Alignment. Auf

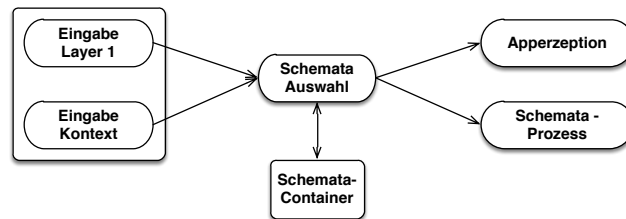


Abbildung 5.4: Diese schematische Darstellung beschreibt die Datenverarbeitung im mittleren Layer des Modells. Hier wird zunächst die Emotion erkannt und dient, zusammen mit dem Kontext, zur Auswahl eines Schemas, danach wird die erkannte Emotion an die nächst höhere Ebene propagiert.

dieser Ebene werden Emotionen eingesetzt, um eine Interaktion gezielt zu beeinflussen, dies kann zu Gunsten des Roboter oder aber zu Gunsten des Menschen passieren.

Erkennung und Einbindung des Kontexts

Wie im letzten Kapitel bereits beschrieben muss der situative Kontext für jede Interaktion berücksichtigt und eingebunden werden. Zum Kontext muss man alle Ereignisse zählen, die neben der eigentlich Interaktion stattfinden. Aber auch die Gegenstände, die sich in der unmittelbaren Nähe befinden, gehören zum Kontext und können die Interaktion beeinflussen. So könnte zum Beispiel das unerwartete Öffnen einer Tür die Situation verändern, denn die Person, die die Tür geöffnet hat, wird plötzlich ein Teilnehmer der Interaktion. Das würde zu einer vollkommen neuen Interaktion führen und der Agent sollte darauf reagieren. Eine weitere Störung könnte ein Klingeln eines Telefon oder der Türklingel sein.

Im Modell wird zwischen dem internen und externen Kontext unterschieden, im internen Kontext wird eine Art Situationsmodell für den Roboter repräsentiert. Dies ist notwendig, um zum Beispiel Erwartungen, die die aktuelle Situation betreffen, zu formulieren. Darin enthalten sind aber auch Regeln für die aktuelle Aufgabe, wie zum Beispiel bei der, später präsentierten, Evaluation die Regeln für das Spiel „Wer bin ich?“. Im externen Kontext sind wiederum alle Informationen enthalten, die die Umgebung betreffen, in der die Interaktion stattfindet. Dazu gehören zum einen der aktuelle Interaktionspartner, aber auch Personen, die nicht direkt beteiligt sind. Alle Gegenstände, die aktuelle Teil der Interaktion sind, gehören genauso zum externen Kontext wie die Gegenstände, die sich im Umfeld befinden und so die Interaktion direkt oder indirekt beeinflussen können.

Die Erkennung und Evaluation des Kontextes ist in erster Linie abhängig von der aktuellen Aufgabe. Wenn wir zum Beispiel eine Interaktion zwischen Erzähler und Zuhörer nehmen, so unterscheidet sich diese sehr stark, wenn eine Mutter ihrem Kind vorliest oder wenn ein Roboter jemandem vorliest. In einer Interaktion mit dem Roboter kann ein Grinsen einer lustigen Stelle der Geschichte gelten, aber auch genau so gut eine Reaktion auf eine Emotion sein, die der Roboter zeigt. Also kann der Grund eines Grinsens unterschiedlich sein, es kann eine gefühlte Emotion sein, es kann aber auch den gesehenen Gesichtsausdruck spiegeln.

In der Interaktion mit dem Kind freuen sich die Eltern mit dem Kind und grinsen es an, wenn es eine schwierige Aufgabe löst. Sie grinsen es aber auch an, wenn es die Aufgabe nicht lösen kann. Es kann sich also nicht nur der Grund für ein Grinsen unterscheiden, auch die Nachricht, die ein Grinsen übermittelt, mag unterschiedlich sein. Auf der einen Seite zeigt es Freude und Stolz, auf anderen übermittelt es eher ein aufbauendes und ermutigendes Signal an das Kind [Barrett and Nelson-Goens, 1997].

Diese Beispiele verdeutlichen den großen Einfluss des Kontextes auf die Interaktion. Daher haben die Kontextfaktoren auch einen Einfluss auf jede Ebene im Modell. Auf diese Art hat der Kontext auch einen Einfluss auf die Entscheidung, welche Ebene die Ausgabe generiert und so auch, auf welcher Ebene das emotionale Alignment stattfindet.

Interner emotionaler Zustand

Ein eigener emotionaler Zustand für einen Roboter kann unterschiedliche Aufgaben haben und verschiedene Zwecke erfüllen. Dies kann beim Bestimmen von emotionalen Gesichtsausdrücken beginnen und beim Steuern des gesamten Verhalten enden. Im dem vorstellten Modell hat der emotionale Zustand der Roboters in erste Linie zwei Aufgaben. Er steuert das Aufmerksamkeitsverhalten des Roboters, solange sich dieser in keiner Interaktion befindet. So soll er in der Lage, sein pro-aktiv eine Interaktion mit einem Menschen aufzubauen. Eine zweite Aufgabe ist der direkte Einfluss auf die oberste Ebene, auf das konzeptuelle emotionale Alignment.

Der Facial Feedback Theorie (FFH) zur Folge hat das Ausdrücken von Emotionen einen Effekt auf den affektiven Zustand. So haben Strack et al. [Strack and Martin, 1988] in einer Studie belegt, dass Emotionen von Bewegungen der Gesichtsmuskulatur eingeleitet und moduliert werden. Untersucht wird die FFH in erster Linie mit Hilfe eines fröhlichen und eines ärgerlichen Gesichtsausdruckes [McCanne and Anderson, 1987]; [Buck, 1980]. Man kann mit Hilfe von EMG die Aktivität der beiden Muskeln „Musculus risorius“ und „Zygomaticus major“ für einen fröhlichen Gesichtsausdruck und die Aktivität von „Mus-

culus corrugator supercillii“ und „Musculus orbicularis oris“ für einen ärgerlichen Gesichtsausdruck messen. So ist es möglich, Emotionen zu erfassen die nicht ausgedrückt wurden und deren Effekt auf den emotionalen Zustand des Menschen zu untersuchen. Diese Theorie wird durch eine Verbindung zwischen der Schnittstelle zum Roboter und dem internen emotionalen Zustand des Roboters realisiert.

5.3 Komponenten des Systems

Das implementierte System besteht aus insgesamt fünf Komponenten. Davon repräsentieren drei Komponenten die Funktionalität der unterschiedlichen Ebenen, eine Komponente wird für die Verarbeitung der Eingabe-Signale benötigt, die fünfte Komponente ist unter anderem als Schnittstelle für den Roboter notwendig. Im den folgenden Abschnitten werden die Bestandteile genauer erläutert.

5.3.1 Hauptkomponenten

Zu den Hauptkomponenten gehören zwei Module. Das ist zum einen die EmotionMain mit der GUI (siehe Abb. 5.5). In dieser Komponente wird bestimmt, auf welchen Speicher verbunden wird. Hierbei ist vorgesehen, dass die Daten auf mehrere Systeme verteilt sind, um so die ressourcenintensiven Berechnungen auf mehrere Stationen aufzuteilen. In der GUI hat man direkt Zugriff auf die Daten des 3D-Sensors und des Facial-Feature-Trackers.

Die zweite Hauptkomponente ist der EmotionStrategySelector mit der GUI (siehe Abb. 5.6). Diese GUI stellt Funktionen bereit, die die Ausgabe und den Roboter betreffen. Dazu gehören zum einen die berechnete Ausgabe der drei Ebenen, diese werden im linken Teil der GUI eingeblendet. Des Weiteren hat man die Möglichkeit, sich für eine von drei unterschiedlichen Ausgabestrategien zu entscheiden. Das bedeutet, man kann festlegen, wann welche Ebenen aktiv sind. Als Grundstrategie kann man sagen, dass, wenn nicht anders gewählt, die Priorität der Ebenen von unten nach oben zunimmt (Subsumtions-Strategie). Das bedeutet, wenn die zweite (schematische) Ebene eine Ausgabe generiert würde, diese die Ausgabe der ersten (automatischen) Ebene überschreiben oder dessen Ausgabe inhibieren. Andererseits würde die Ausgabe der zweiten Ebene mit der dritten (strategischen) Ebene überschrieben werden. Zu dieser *Subsumtion-Strategy* können noch die *Percentage Strategy*, die *OnOff-Strategy* und die *Time Strategy* gewählt

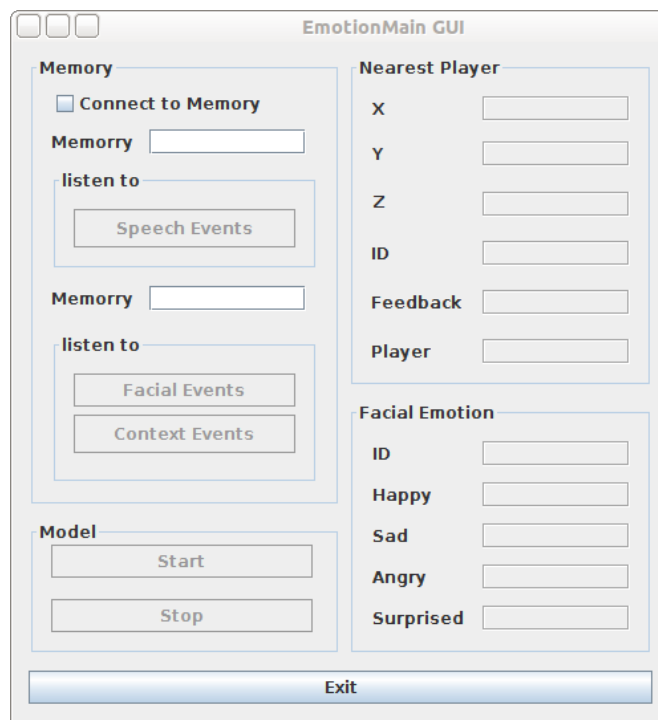


Abbildung 5.5: Diese Abbildung zeigt die Oberfläche der EmotionMain-Komponente. Hier wird festgelegt, auf welchen Speicher zugegriffen und auf welche Events gehört wird. Zudem wird eingeblendet, ob und an welcher Position ein potentieller Spieler erkannt wurde.

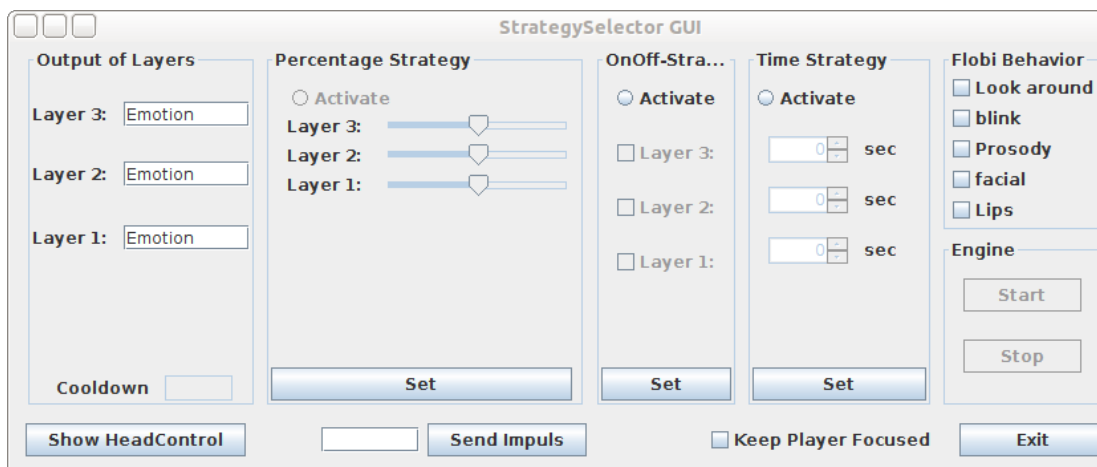


Abbildung 5.6: Diese Abbildung zeigt den EmotionStrategySelector. Über diese Komponente kann während der Laufzeit des Systems festgelegt werden, welche Ebenen aktiv sind und wie die Ausgabe priorisiert wird. Ebenso wird hier die Ausgabe der 3 Ebenen eingeblendet.

werden. Die Percentage Strategy arbeitet ganz ähnlich wie die Subsumtion-Strategy, nur dass hier jeder Ebene über Schieberegler eine Priorität zugewiesen wird. Mit der OnOff-Strategy lassen sich gezielt einzelne Ebenen ein und ausschalten, dies dient in erster Linie für Debugging-Zwecke, ist aber auch relevant, wenn in einem Szenario gezielt einzelne Ebenen getestet werden sollen. Die Time-Strategy ermöglicht das Ein- und Abschalten der einzelnen Ebenen nach einer bestimmten Zeit. So ist es beispielsweise möglich, das Mimicry nur in den ersten Minuten einer Interaktion aktiv ist, während eine andere Ebene erst nach ein paar Minuten aktiv wird.

5.3.2 Komponente für automatisches Feedback

In der Komponente für automatisches Feedback und dessen GUI (siehe Abb. 5.7) kann die Quelle für das automatische Feedback gewählt werden. In Abhängigkeit von der Auswahl werden unterschiedliche Verarbeitungsschritte notwendig. Der RMimic-Input [Holthaus and Wachsmuth, 2013] arbeitet nicht mit diskreten Emotionen, vielmehr bildet er die Merkmale, die mit Hilfe einer Webcam im menschlichen Gesicht erkannt werden, direkt auf die Aktuatoren des Roboters FLOBI ab. Für diesen Erkenner ist die Reliabilität daher nicht relevant. Der Shore-Input hört direkt auf Daten des Shore-Erkenners [Küblbeck and Ernst, 2006] und gibt alle Detektionen, die über der festgeleg-



Abbildung 5.7: In dieser Abbildung ist das Benutzerinterface der ersten Ebene dargestellt. In dieser GUI wird ausgewählt, welche Quelle als Eingabe für das System dient. Des Weiteren wird die Komponente hierüber gestartet und gestoppt.

ten Reliabilität liegen, an den EmotionStrategySelector weiter. In der Option EmotionMain Input hört die Komponente nur noch auf den Input, der durch das EmotionMain-Modul aufbereitet und geliefert wird. Auch hier werden nur Werte weitergegeben die über einen festgelegten Wert der Reliabilität liegen.

5.3.3 Komponente für schematisches Feedback

In der Komponente für das schematische Feedback und deren GUI (siehe Abb. 5.8) wird die Quelle und die Art der Events festgelegt, auf die diese Komponente reagieren soll. Zum einen gibt es hier die Option, auf andere Personen zu reagieren, dies geschieht durch die Auswertung der Daten eines Kinect-Tiefensensors. Es ist aber auch möglich, auf weitere Events zu reagieren. Für die Evaluation des Systems wurde mit Hilfe dieser Komponente die Reaktion auf Kontext-Events realisiert, darauf wird im Kapitel 6 noch genauer eingegangen.

5.3.4 Komponente für strategisches Feedback

In der Komponente für das strategisches Feedback und dessen GUI wird festgelegt, an welcher Stelle im Szenario gezielt Emotionen eingesetzt werden, um die Interaktion

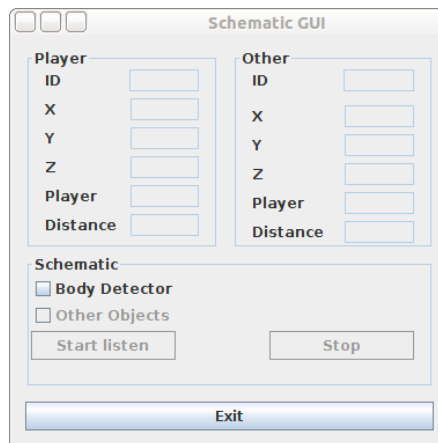


Abbildung 5.8: Über dieses Benutzerinterface werden die Art der Kontext-Ereignisse ausgewählt. So wird festgelegt, welche Ereignisse Einfluss auf die Bestimmung der schematischen Reaktion haben. Ebenfalls wird die Komponente über diese GUI gestartet und gestoppt.

bewusst zu beeinflussen. Diese Komponente reagiert wiederum auf Events, die durch das Modul EmotionMain ausgelöst werden. Auf den Einsatz im Szenario wird im Kapitel 6 noch genauer eingegangen.

6 Evaluation

Eine Evaluation ist für jede Art von System unerlässlich, ohne eine systematische Evaluation kann nur schwer eine Aussage bezüglich der Nutzbarkeit getroffen werden. Für ein System, das die soziale Interaktion mit einem Roboter verbessern soll, hat die Evaluation einen ganz besonderen Stellenwert. Um die Nutzbarkeit zu garantieren, wurde das System unter realistischen Bedingungen und mit naiven Nutzern getestet. In diesem Kapitel wird erläutert, wie genau das System evaluiert wurde und wie das Szenario für die Evaluation aufgebaut war.

6.1 Verfügbare Roboter-Plattformen

Für die Evaluation des vorgestellten Modells ist die Wahl der Plattform, die dafür eingesetzt wird, von großer Bedeutung. Es standen drei unterschiedliche Roboter zur Verfügung. Im folgenden Abschnitt wird die Wahl des Roboters Flobi motiviert.

6.1.1 iCat

Bei der iCat (siehe Abbildung 6.1(a)) handelt es sich um einen 38 Centimeter hohen Roboter mit einem katzenähnlichen Aussehen. Die iCat hat insgesamt 13 Motoren und kann damit die folgenden Körperteile bewegen:

- 2 Motoren für die Augenbrauen, die Augenbrauen können um einen fixen Punkt in ihrer Mitte, unabhängig voneinander, gedreht werden.
- 2 Motoren für die Augenlider, es können jeweils die oberen Augenlider bewegt werden. Damit können beide Augen unabhängig voneinander geöffnet oder geschlossen werden.

- 3 Motoren für die Augen, diese können horizontal und vertikal bewegt werden. Auf der horizontalen Achse können sie unabhängig voneinander bewegt werden, auf der vertikalen Achse werden sie gemeinsam bewegt.
- 4 Motoren für die Lippen, beide Lippen haben an ihren Enden unabhängige Motoren, um sie auf und ab zu bewegen.
- 1 Motor für den Kopf, mit diesem Motor kann der Kopf eine Nick-Bewegung ausführen.
- 1 Motor für den Körper, mit diesem Motor kann der Kopf nach links und rechts gedreht werden.

Neben diesen Servo-Motoren hat die iCat noch LEDs und Touch-Sensoren in den Ohren und auf den Pfoten. Zudem gibt es noch einen Lautsprecher zwischen den Pfoten und eine Webcam in der Nase.

Durch diese hohe Anzahl an Aktuatoren und Sensoren ist die iCat in der Lage, Emotionen ausdrücken. Diese basieren auf Ekmans Arbeiten [Ekman and Friesen, 2003] und wurden in einer Studie von Bartneck und Kollegen evaluiert [Bartneck et al., 2004]. In dieser wurden von den Teilnehmern starre Emotionen evaluiert, es wurde ermittelt, dass Freude und Trauer mit je 90% am besten erkannt wurden. Ebenso wurden Ärger (80%), Überraschung (80%) und Angst (30%) evaluiert.

Diese Faktoren sprechen für den Einsatz einer iCat. Sie wird auch für zahlreiche Studien in der Emotionsforschung eingesetzt (z. B. [Leite et al., 2008]; [Leite et al., 2012]; [Grizard and Lisetti, 2006]; [Pereira et al., 2008]). Es gibt aber auch Faktoren, die gegen den Einsatz der iCat sprechen, zum einen, dass ihre API für den Einsatz an Rechnern mit Microsoft Windows entwickelt wurde und dass sie nicht mehr hergestellt und nur noch eingeschränkt supported wird. Des Weiteren ist das Aussehen der iCat an das einer Katze angelehnt.

6.1.2 Nao

Bei dem Roboter Nao (siehe Abbildung 6.1(c)) handelt es sich um einen humanoïden Roboter des französischen Roboterherstellers Aldebaran Robotics. Nach seiner Markteinführung in 2006 hat er in 2007 den Sony Aibo als Plattform beim RoboCup

¹Die iCat wurde von Philips entwickelt und produziert, Bild von <http://www.hitech-projects.com/icat/>

²Der Nao wurde von Aldebaran entwickelt, Bild von <http://www.aldebaran.com/en/press/gallery/nao>

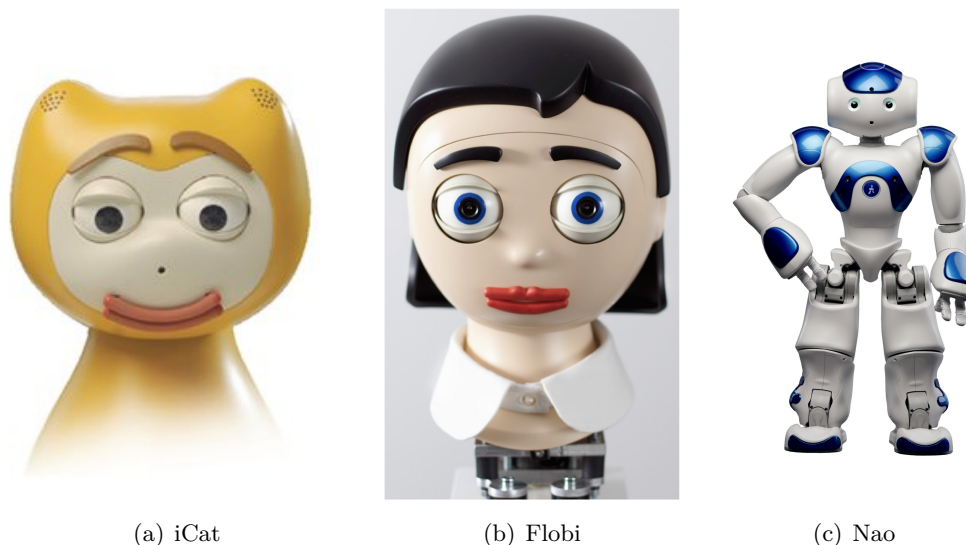


Abbildung 6.1: Die drei Roboter die für eine Evaluation des Modells zur Verfügung standen: 6.1(a) Die iCat ¹, 6.1(b) Der Bielefelder Roboterkopf Flobi und 6.1(c) Der humanoide Roboter Nao ²

abgelöst. Es werden verschiedene Versionen des Roboters hergestellt, diese unterscheiden sich in der Anzahl der Freiheitsgrade und der verbauten Sensoren. Er ist ca. 58 cm groß und wiegt ca. 5kg. Es sind zwei CPUs verbaut, eine im Kopf und eine im Torso. Als Sensoren verfügt er über zwei HD-Kameras mit 30 Bildern/Sekunde, vier Ultraschallsensoren, einen Trägheitssensor und Drucksensoren in den Füßen. Die Akkulaufzeit liegt je nach Benutzung zwischen 60 und 90min.

Neben dem Einsatz im RoboCup wird der Roboter auch für Studien in der emotionalen Interaktion mit Robotern eingesetzt. Da er über keine veränderbare Mimik verfügt, ist der Ausdruck von Emotionen nur über die Prosodie in Sprache oder über Bewegungen des kompletten Körpers möglich (z. B. [Haring et al., 2011];[Monceaux et al., 2009];[Delaborde et al., 2009]). Für den Roboter sprechen seine hohe Verfügbarkeit sowie seine Robustheit. Zudem ist seine API für alle gängigen Plattformen verfügbar. Seine mangelnde Mimik sowie die Geschwindigkeit seiner Bewegungen sind, zumindest für den geplanten Einsatz, große Nachteile.

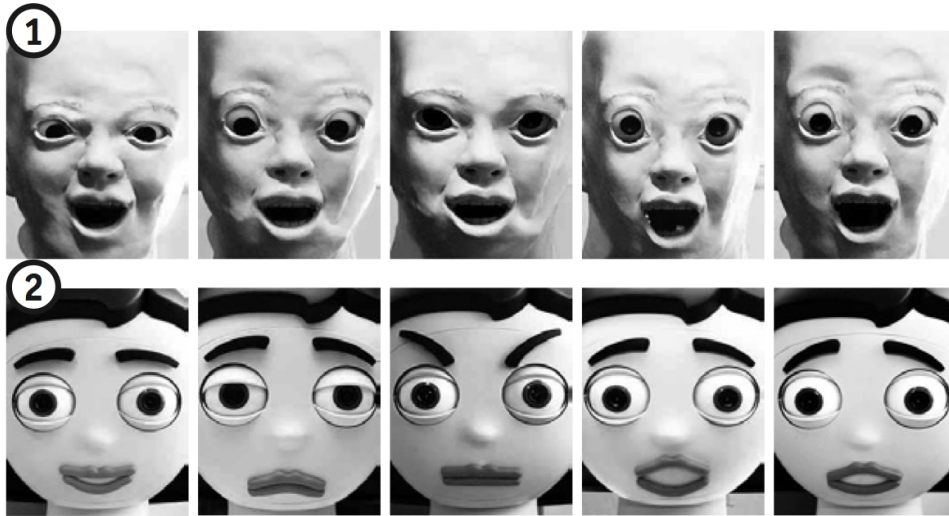


Abbildung 6.2: Übersicht der fünf emotionalen Gesichtsausdrücke von Barthoc Jr. (1) und Flobi (2) (aus [Hegel et al., 2010])

6.1.3 Der humanoide Roboterkopf Flobi

Da menschliche, wie auch artifizielle Emotionen, die über unterschiedliche Modalitäten ausgedrückt werden, schnell falsch gedeutet werden, ist es wichtig, dass die Emotionen an sich korrekt und eindeutig erkannt werden. Diese Anforderung wird durch unterschiedliche Roboter erfüllt. Bei dem Roboter Flobi handelt es sich um einen, an der Universität Bielefeld entwickelten, Roboterkopf. Der Roboter hat ein cartoon-ähnliches Äusseres und eine komplett geschlossene Maske. Alle sichtbaren und beweglichen Teile des Roboters sind mit Magneten versehen und werden an Magnete auf der Innenseite der Maske befestigt. Der Kopf hat insgesamt 16 Freiheitsgrade (DoF), diese verteilen sich wie folgt, 3 für die Augen, 3 für den Nacken, 6 für den Mund, 4 für die Lider und 2 für die Augenbrauen. Aufgrund des modularen Aufbaus kann das Aussehen des Roboters schnell verändert werden, mit wenigen Änderungen wird aus dem männlichen Flobi ein weiblicher Roboter. Ebenso lassen sich die Farben der Augenbrauen, der Haare und auch der Lippen verändern.

Sein Gesicht ist expressiv genug, um fünf Basisemotionen (Freude, Ärger, Angst, Trauer, Überraschung) darzustellen, mit zwei weiteren roten LED hinter seinen Wangen kann

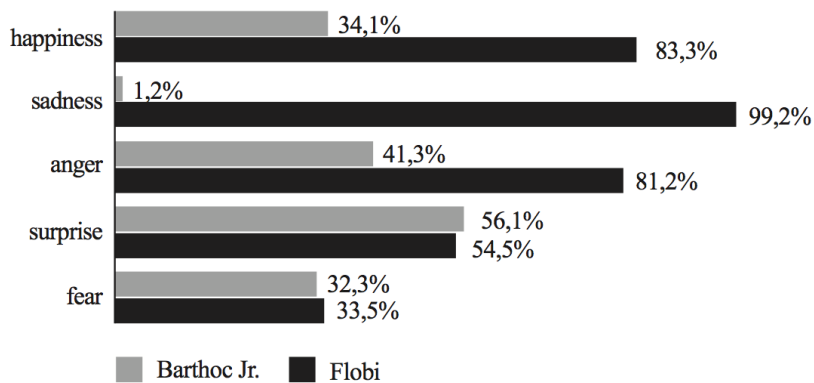


Abbildung 6.3: Übersicht der Ergebnisse aus der Evaluation der Gesichtsausdrücke von Barthoc Jr. (1) und Flobi (2) (aus [Hegel et al., 2010])

er zusätzlich noch Scham darstellen. Diese Gesichtsausdrücke wurden in Hinblick auf ihre Eindeutigkeit evaluiert und mit denen eines früheren Roboters von der Universität Bielefeld verglichen. Die getesteten Ausdrücke sind in Abbildung 6.2 denen vom Roboter Barthoc Jr. gegenübergestellt.

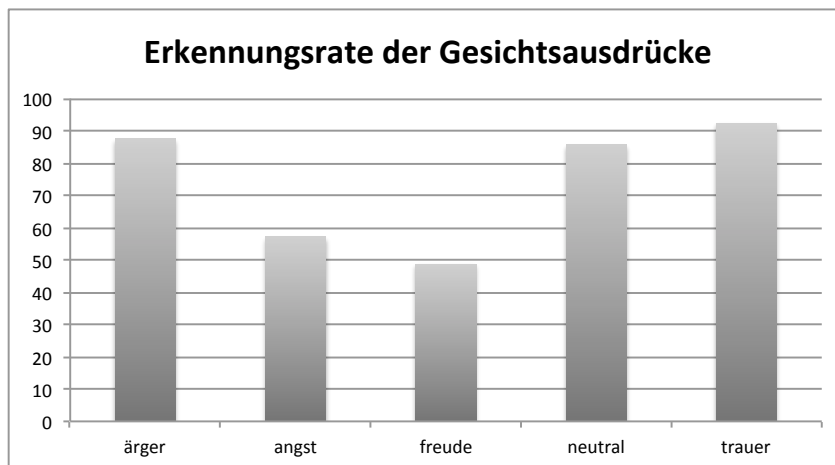


Abbildung 6.4: Übersicht der Ergebnisse aus der Evaluation der dynamischen Gesichtsausdrücke von Flobi

Wie die Ergebnisse in Abbildung 6.3 zeigen, werden fast alle Emotionen beim Roboter

Flobi besser erkannt als bei Barthoc. Lediglich die Emotionen Angst und Überraschung wurden bei beiden Robotern nicht eindeutig erkannt. Aufgrund der Ähnlichkeit zwischen den beiden Ausdrücken ist das jedoch ein häufiges beobachtbares Problem, welches nicht nur bei diesen Robotern auftaucht.

6.1.4 Wahl der Plattform

Für die Durchführung der Evaluation stehen drei unterschiedliche Plattformen zur Verfügung. Die kurze Vorstellung der drei Roboter hat gezeigt, dass alle in der Lage sind, Emotionen darzustellen und auch in diesem Kontext eingesetzt werden. Der Nao Roboter scheidet für den geplanten Einsatz aus, da die Emotionen in erster Linie über das Gesicht dargestellt werden sollen. Diese Voraussetzung erfüllt die iCat zwar, aber die Unsicherheit, dass es sich um ein eingestelltes Produkt handelt und dass der Roboter nur unter Microsoft Windows anzusteuern ist lässt ihn auch ausscheiden. Der Roboter Flobi erfüllt fast alle Voraussetzungen für den geplanten Einsatz. Allerdings sind bisher nur seine "statischen" Gesichtsausdrücke in Form von Fotos evaluiert worden. Im folgenden Absatz wird die Evaluation dynamischer Gesichtsausdrücke diskutiert.

6.2 Evaluation der dynamischen Gesichtsausdrücke

Die Abschnitt 6.1.3 vorgestellte Evaluation hat bereits gezeigt, dass die, hier relevanten, Gesichtsausdrücke von Flobi sehr gut erkannt werden. Allerdings waren in dieser Studie nur Fotos von den Gesichtsausdrücken zu bewerten [Hegel et al., 2010]. Es bleibt also die Frage, welchen Effekt hat die Dynamik einer Bewegung auf die Wahrnehmung des Gesichtsausdruckes? Um diese Frage zu beantworten, wurden für jede Emotion Videosequenzen von jeweils 4 Sekunden Länge erstellt. Diese wurden am Bildschirm durch Drücken einer Taste bewertet. Jedes Video hatte den identischen Aufbau, es startet mit einem neutralen Gesichtsausdruck, innerhalb einer Sekunde wird die Emotion angefahren, diese wird zwei Sekunden gehalten und anschliessend wird innerhalb einer Sekunde wieder der neutrale Ausdruck angefahren. In Abbildung 6.5 sind die getesteten Gesichtsausdrücke abgebildet.

Die Studie wurde in Räumen der Universität Bielefeld durchgeführt. Die Teilnehmer saßen an einem Rechner und haben dort ihre Auswahl über die Tasten 2, 4, 6, 8 und 0 auf dem Ziffernblock einer Tastatur getroffen, alle anderen Tasten wurden entfernt.

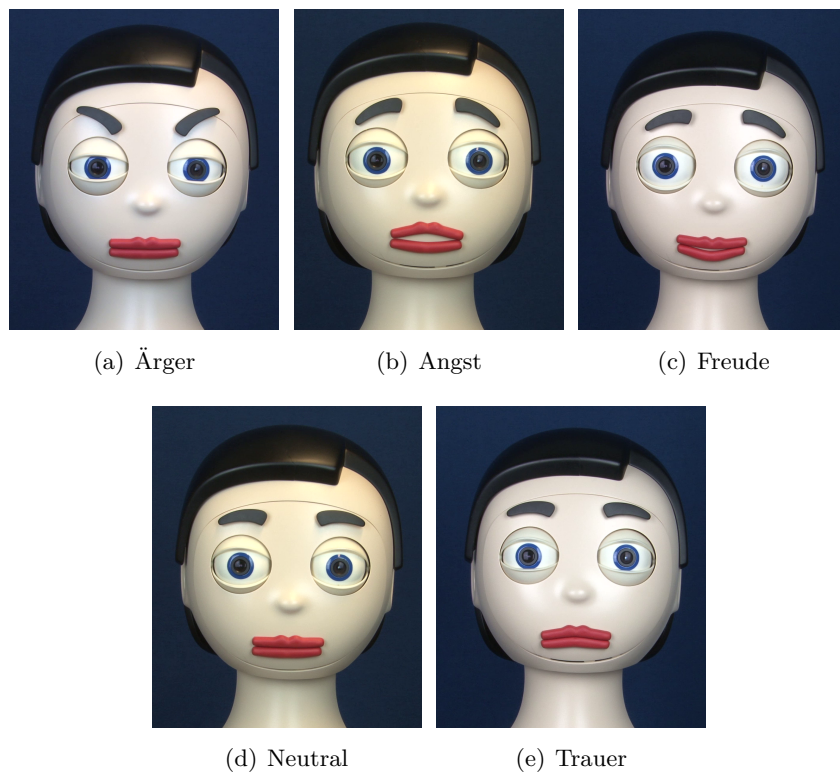


Abbildung 6.5: Eine Übersicht über die emotionalen Gesichtsausdrücke des Roboter Flobi. Die fünf Gesichtsausdrücke wurden in Form von kurzen Videos evaluiert.

Insgesamt haben an der Studie 42 Personen (34w, 8m) teilgenommen, der Altersdurchschnitt lag bei 25,4 Jahren. Wie in Abbildung 6.4 zu sehen ist, wurde die Emotion Freude, die in der statischen Kondition noch zu 83,3% korrekt erkannt wurde, in der dynamischen Kondition nur noch in 48,7% der Fälle korrekt erkannt. Scheinbar hat die Bewegung für diese Emotion eine eher ablenkende oder verwirrende Wirkung. Eine Abweichung zum positiven gibt es für den ängstlichen Gesichtsausdruck, in der statischen Evaluation konnten nur 33,5% der Teilnehmer einen traurigen Gesichtsausdruck erkennen, bei dem Rating der dynamischen Ausdrücke liegt das Ergebnis bei 57,1%. Keine großen Abweichungen gibt es hingegen bei Trauer (99,2% und 92,3%) und Ärger (81,2% und 87,5%), beide Emotionen werden in beiden Evaluationen gut bis sehr gut erkannt.

6.3 Integration in ein Szenario

Eine gute Methode ein System, das auf die Mensch-Roboter Interaktion ausgerichtet ist, zu evaluieren ist ein Szenario, in dem der Mensch ein Spiel mit oder gegen den Roboter spielt. Die meisten Gesellschaftsspiele sind so komplex, dass Menschen eine sinnvolle soziale Interaktion mit dem Roboter haben kann. Zudem sind Spiele durchaus sinnvoll, da:

- Spiele helfen dabei, soziale Bindung zwischen den Spielern zu schaffen
- Spielregeln schaffen eindeutige Regeln für die mögliche Interaktion
- Die meisten Menschen spielen gern und sind dadurch motiviert, sich zu engagieren
- Die Dauer der Interaktion kann durch die Wahl des Spiels leicht kontrolliert werden.
- Im Rahmen der meisten Spiele ist die sprachliche Interaktion sehr begrenzt, so werden Probleme mit Spracherkennung und Synthese begrenzt.

Durch die fest definierten Spielregeln lässt sich die Interaktion gut modellieren und robust auf einem Computer umsetzen.

6.3.1 Das Spiel “Who Am I?”

Das Ziel bei dem Kinderspiel “Who Am I?”, oder “Wer bin ich?” ist es, zu erraten welche Rolle der Gegenspieler angenommen hat. Zu Beginn des Spiels ziehen beide Spieler eine

Karte, auf der jeweils ein Gesicht zu sehen ist. Die Spieler legen fest, wer mit dem Spiel beginnt. Die Person, die anfängt, stellt eine Frage nach einem Merkmal des Gesichts wie zum Beispiel: “Bist du weiblich?”. Der Spieler darf solange Frage stellen, wie der Gegenspieler diese mit mit “Ja”

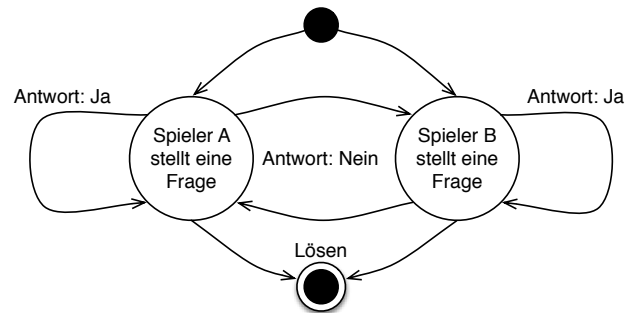


Abbildung 6.6: Spielverlauf im implementieren Kinderspiel “Wer bin ich?”.

beantwortet, bei einem “Nein” ist der Gegenspieler an der Reihe. In der Abbildung 6.6 ist der Ablauf des Spiels skizziert. Nach jeder Frage kann der Spieler auf dem Spielbrett die Personen, die er ausschliessen kann, umdrehen. Das Spiel endet, wenn einer der beiden Spieler korrekt gelöst hat.

6.3.2 Technische Umsetzung des Szenarios

Um das implementierte Modell zu testen, ist ein gut geplantes Szenario von großer Bedeutung. Das im Abschnitt 6.3.1 beschriebene Spiel erfüllt alle notwendigen Anforderungen. Das Szenario muss ein eigenständiges System sein, aber dennoch eng mit dem Emotionsmodul zusammenarbeiten. Zum einen muss das Spiel an jeder beliebigen Stelle unterbrochen und fortgesetzt werden können, es muss nach jeder Transition den aktuellen Spielzustand bereitstellen. Auf der anderen Seite muss das Emotionsmodul auf die Informationen des Spiels reagieren. Dafür muss der aktuelle Spielzustand kontinuierlich ausgewertet werden.

Um das Spiel umzusetzen, wurde das Framework *Pamini* [Peltason and Wrede, 2010] eingesetzt. Für die Modellierung von Dialogen in der HRI schlägt Pamini einen eigenen Ansatz vor. Dieser basiert auf (1) einem Task-State-Protokoll, das ist eine feinkörnige Schnittstelle zum Verarbeiten von komplexen Interaktionen und (2) das Konzept von generischen Interaktionsmustern, die ein Rapid-Prototyping unterstützen und flexibel

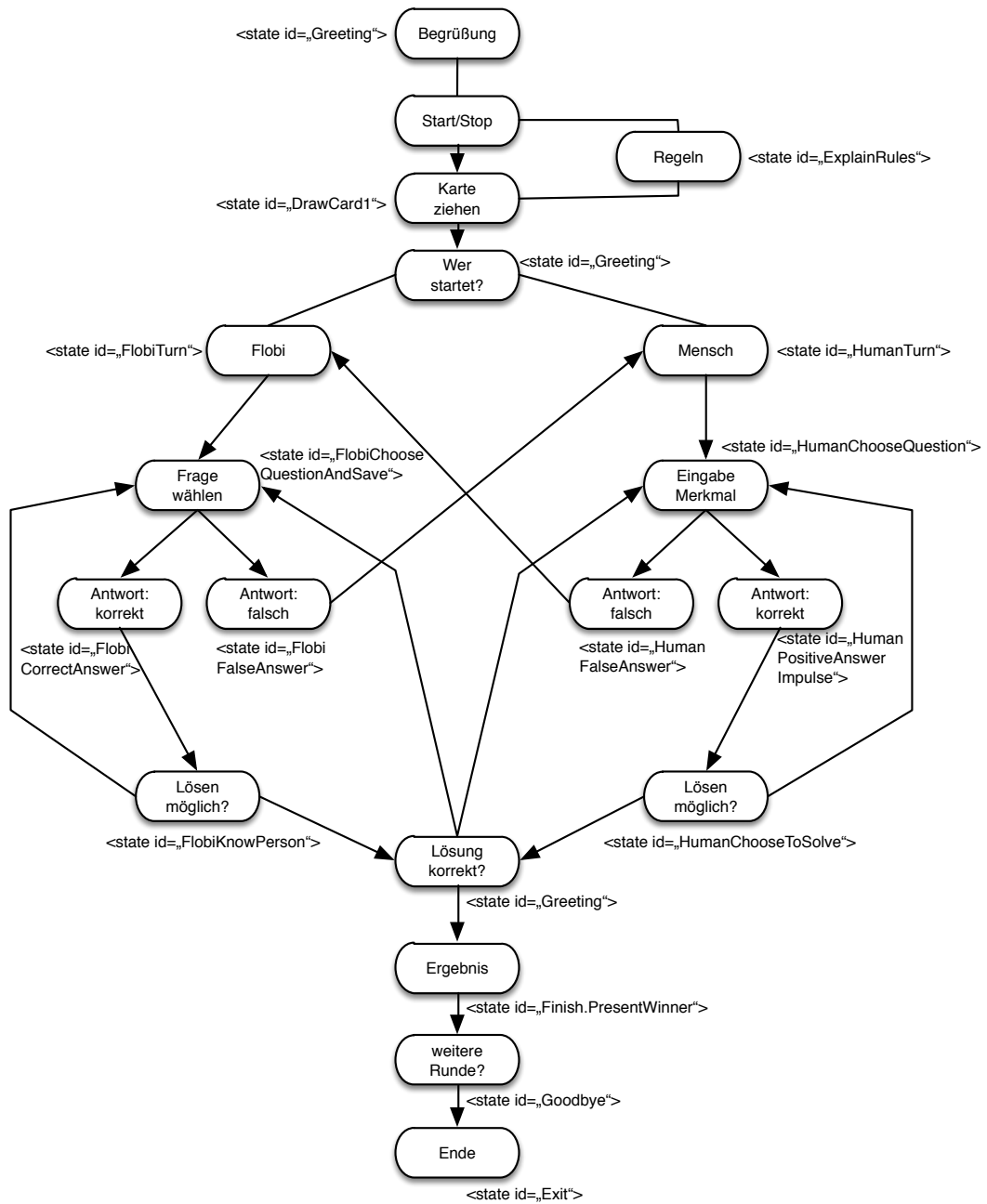


Abbildung 6.7: Der State Chart, der das implementierte Szenario definiert.

kombiniert werden können. Zum Modellieren der Interaktion setzt das Framework den Standard SCXML [Barnett et al., 2007].

Die in Abbildung 6.7 dargestellte State-Machine wurde daher in SCXML übersetzt und mit Hilfe von Pamini ausgeführt. In den spitzen Klammern an den Zuständen sind die korrespondierenden Zustände im Listing 8.1 aus dem Anhang. Nachfolgend werden ein paar States und Events aus dem Aufbau näher betrachtet.

Listing 6.1: Dieser Transition-Event ist jedem Zustand zugeordnet.

```
1 <transition event="interrupt" cond="In(WaitSecondPerson)" target
   = "FlobiWaitQuestion"/>
```

Der Transition Event aus dem Listing 6.1 ist jedem Zustand der State-Machine zugeordnet. So ist es möglich, den Ablauf zu jedem beliebigen Zeitpunkt zu unterbrechen, um auf Ereignisse ausserhalb der eigentlichen Interaktion zu reagieren.

Listing 6.2: Das Modell kann emotionale Impulse empfangen. Diese wirken sich auf den emotionalen Zustand des Roboters aus.

```
1 <state id="HumanFalseAnswer">
2   <invoke targettype="task" src="ShortTerm:EmotionalImpulse:
   EmotionalImpulse">
3     <param name="impulse" expr="''+0.3'"/>
4   </invoke>
5   <transition target="FlobiTurn"/>
6 </state>
```

Im Modell ist auch ein intrapersonaler emotionaler Zustand modelliert. Zu diesem Zweck wurde die WASABI-Affekt-Simulation von Becker-Asano integriert [Becker-Asano and Wachsmuth, 2010]. Dieser Simulation können positive oder negative Emotionsimpulse gesendet werden. Ein Beispiel dafür ist im Listing 6.2 zu sehen.

Listing 6.3: Der Transition Event wird ausgelöst, wenn eine zweite Person entdeckt wird. So wird die aktuelle Interaktion unterbrochen und erst fortgesetzt, wenn die Person das Sichtfeld verlassen hat.

```
1 <state id="LookingPerson">
2   <initial>
```

```

3         <transition target="WaitSecondPerson"/>
4     </initial>
5     <state id="WaitSecondPerson">
6         <transition event="interrupt" target="FlobiSeeTwoPerson"/
7         >
8     </state>
9     <state id="FlobiSeeTwoPerson">
10        <transition event="interruptdone" target="
11        WaitSecondPerson"/>
12    </state>
13 </state>

```

Ein integraler Bestandteil des Modells ist die Integration von Kontext-Ereignissen das bedeutet, dass der Roboter auf Ereignisse reagieren kann, die nicht unmittelbar Teil der aktuellen Interaktion sind. Um dieses zu ermöglichen, muss auch der Dialog angepasst sein. Im Listing 6.3 ist ein Beispiel zu sehen, wie dies im Dialog während der Evaluation gelöst wurde.

Listing 6.4: Die Zustände, die für den strategischen Einsatz von Emotionen notwendig waren.

```

1 <state id="HumanChooseQuestion1">
2     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:
3     DialogTask">
4         <param name="type" expr="'whoiam.userChooseQuestion'"/>
5         <param name="reply" expr="''"/>
6         <param name="timestamps.initiated" expr="System.
7         currentTimeMillis()"/>
8     </invoke>
9     <transition event="notContinue" target="NotContinueChooser"/>
10    <transition event="strategic" target="HumanWaitForAnswer"/>
11    <transition event="interrupt" cond="IN('WaitSecondPerson')"
12        target="HumanChooseQuestionWait"/>
13 </state>
14 <state id="NotContinueChooser">

```



```

12     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:
        DialogTask">
13         <param name="type" expr="'whoiam.notcontinueChooser'"/>
14         <param name="reply" expr="''"/>
15         <param name="timestamps.initiated" expr="System.
            currentTimeMillis()"/>
16     </invoke>
17     <transition event="NotContinueChooser.invoke.done" cond="
        _eventdata['reply'] eq 'confirm_yes'" target="
        HumanWaitForAnswer"/>
18     <transition event="NotContinueChooser.invoke.done" target="
        HumanTurn"/>
19     <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')"
        target="NotContinueChooserWait"/>
20 </state>

```

In der Evaluation sollte auch der Einfluss von strategischen Emotionen auf die Interaktion und die anschließende Bewertung des Roboters untersucht werden. Im Listing 6.4 ist dies am Beispiel des Spiels dargestellt. In den Zeilen 7 und 8 sind die Events „not-Continue“ und „strategic“, über die das Emotionsmodul mit dem Dialog kommunizieren und ein Event auslösen kann.

6.3.3 Ablauf der Evaluation

Der Aufbau eines Durchgangs war schriftlich festgehalten und in jedem Durchgang identisch. Vor der Interaktion wurde vom Teilnehmer die Einverständniserklärung gelesen und die Einwilligung für die Benutzung der Daten im wissenschaftlichen Kontext ausgefüllt (siehe im Anhang Seiten 116 bis 117).

Im Anschluss fand die Interaktion mit dem Roboter statt. Entsprechend der Anweisungen aus der Erklärung, die jeder Proband bekommen hat, wurden mindestens drei Spiele gespielt. Es wurde jedem Teilnehmer überlassen, im Anschluss weiter zu spielen. Alle Spiele sowie deren Ausgang sind später in die Auswertung eingeflossen.

Im Anschluss an die Interaktion mit dem Roboter bekamen die Probanden einen Satz Fragebögen zum Ausfüllen und Ankreuzen. Zu diesen Fragebögen zählten:

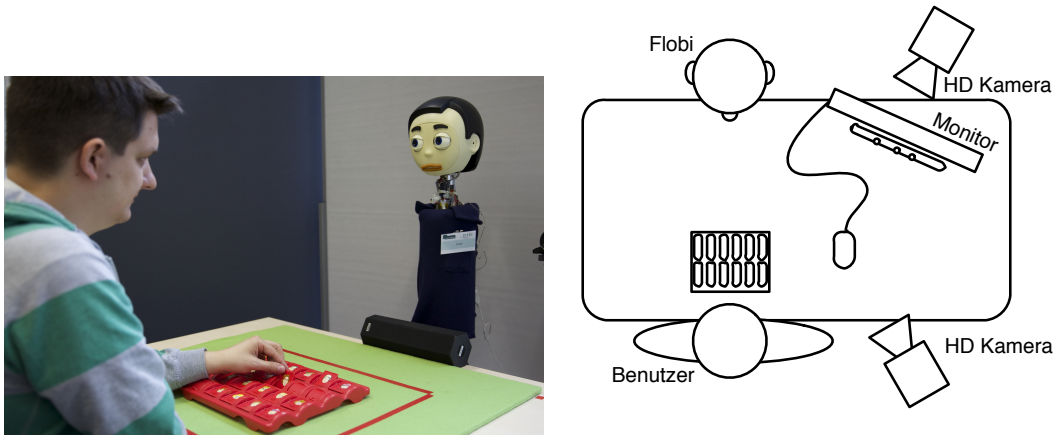
- IRI oder SPF, die deutsche Übersetzung des Interpersonal Reactivity Index ist

einer der am häufigsten in der Praxis eingesetzte Fragebogen zur Messung von Empathie. Die wenigen deutschen Übersetzungen weisen allerdings ähnliche test-theoretischen Schwächen auf wie das Original, bei der eingesetzten Version handelt es sich um eine mehrfach überarbeitete Version, die gute Kennwerte in den Bereichen der Reliabilität, der Validität und der Itemtrennschärfe aufweist (siehe im Anhang Seiten 118 bis 119).

- TAS20, die Toronto Alexithymie Skala. Dabei handelt es sich um einen psychologischen Persönlichkeitstest zur Erfassung der Alexithymie, also die Unfähigkeit, emotionale Bedürfnisse wahrzunehmen und auszudrücken. Der Test wurde von Bagby et al. [Bagby et al., 1994] entwickelt und 2001 in das Deutsche übersetzt (siehe im Anhang Seiten 120 bis 121).
- NARS, die Negative Attitude Towards Robots Scale wurde zur Messung der Haltung zu gegenüber sozialen und kommunikativen Robotern im täglichen Leben entwickelt [Nomura et al., 2006]. Die interne Konsistenz und faktorielle Validität des Tests wurde durch Nomura et al. bestätigt [Nomura et al., 2004] (siehe im Anhang Seiten 122 bis 123).
- Fragebogen zum Roboter Flobi, dieser Fragebogen wurde im Rahmen vom C2 Projekt des Sonderforschungsbereichs 673 entwickelt und mehrfach eingesetzt. In diesem Fragebogen werden Eigenschaften des Roboters abgefragt. Dazu gehören Fragen zu seinem Äußeren, aber auch Fragen, die seine Intelligenz und sein emotionales Verhalten abfragen (siehe im Anhang Seiten 124 bis 125).
- Der letzte Fragebogen besteht aus insgesamt 115 Items, die Eigenschaften des Roboters aus der psychologischen Sicht abfragen. Dazu gehört ein Set an Fragen zum Empfinden von primären und sekundären Emotionen oder Fragen zu den Fähigkeiten und möglichen Einsatzgebieten des Roboters. Aber auch das Design des Roboters wird in diesem Fragebogen bewertet.

6.3.4 Emotionales Feedback des Roboters

Das Design der Studie hat insgesamt vier Konditionen und eine Durchführung Between-subjects vorgesehen. Die vier Konditionen haben sich in erster Linie im Einsatz der drei Ebenen und damit auch in der Reaktivität des Robots unterschieden.



(a) Dieses Foto zeigt eine Rekonstruktion des Versuchsaufbaus. Die Teilnehmer saßen dem Roboter gegenüber und hatte so die ganze Zeit Blickkontakt zu ihm. (b) Die Skizze zeigt den Versuchsaufbau, so wie er zur Durchführung der Studie aufgebaut war.

Abbildung 6.8: Der Aufbau, wie er zur Durchführung der Studie angeordnet war. Zur Illustration als Foto und als Skizze mit eingezeichneten Sensoren.

Kondition I *Der Roboter setzt während des Spielens keine Emotionen ein. Der Spieler wird nicht imitiert. Der Roboter reagiert nicht auf die Person, die hereinkommt und vermeidlich etwas an der Kamera einstellt.*

Kondition II *Der Roboter setzt während des Spielens keine Emotionen ein. Die Gesichtsausdrücke der Spieler werden während der gesamten Interaktion imitiert. Der Roboter reagiert nicht auf die Person, die hereinkommt und vermeidlich etwas an der Kamera einstellt.*

Kondition III *Der Roboter setzt während des Spielens gezielt Emotionen ein, um so gegebenenfalls zu verhindern, dass er verliert. Die Gesichtsausdrücke der Spieler werden während der gesamten Interaktion imitiert, dieser Output kann jedoch vom gezielten Einsatz der Emotion überschrieben werden. Der Roboter reagiert nicht auf die Person, die hereinkommt und vermeidlich etwas an der Kamera einstellt.*

Kondition IV *Der Roboter setzt während des Spielens gezielt Emotionen ein, um so gegebenenfalls zu verhindern, dass er verliert. Die Gesichtsausdrücke der Spieler werden während der gesamten Interaktion imitiert, dieser Output kann jedoch vom gezielten Einsatz der Emotion überschrieben werden. Der Roboter begrüßt die Person die herein kommt und vermeidlich etwas an der Kamera einstellt. Die zweite Person, die die*

Interaktion stört, bittet er mit einer ernsten Stimme und einem verärgerten Gesichtsausdruck, nicht weiter zu stören.

Bei der Studie hat es sich in erster Linie um einer explorative Studie. Sie wurde so aufgebaut, dass die einzelnen Ebenen des Modells auf ihren Einfluss hinsichtlich der Interaktion untersucht werden konnten. Daher wurden im Vorfeld schon folgende drei Hypothesen aufgestellt:

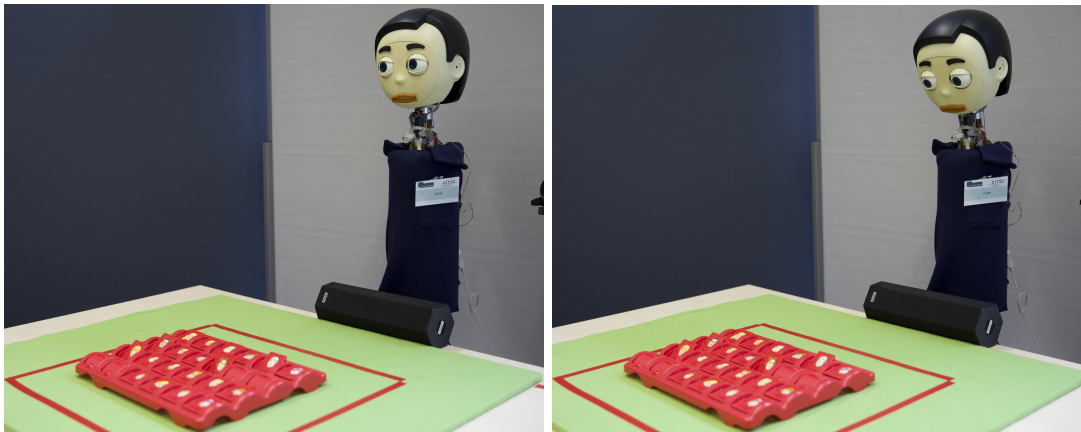
Hypothese 1 *Mit der Kondition in der nur das automatische emotionale Alignment simuliert wird können Ergebnisse aus Studien die Effekte von Mimicry untersuchen repliziert werden.*

Hypothese 2 *Der Roboter wird positiver und interaktiver bewertet, wenn er Emotionen zeigt. Dabei sollten sich Unterschiede zwischen den Konditionen aufzeigen, insbesondere dann, wenn der Roboter eine Emotion ausdrückt, um die Interaktion zu beeinflussen.*

Hypothese 3 *Die Probanden spielen freiwillig weitere Runden des Spiels, wenn der Roboter Emotionen zeigt. Alle Teilnehmer wurden mittels Handout, das vor Beginn der Interaktion ausgegeben wurde, gebeten, mindestens drei Spiele zu machen. Ein Weiterspielen darüber hinaus war freigestellt.*

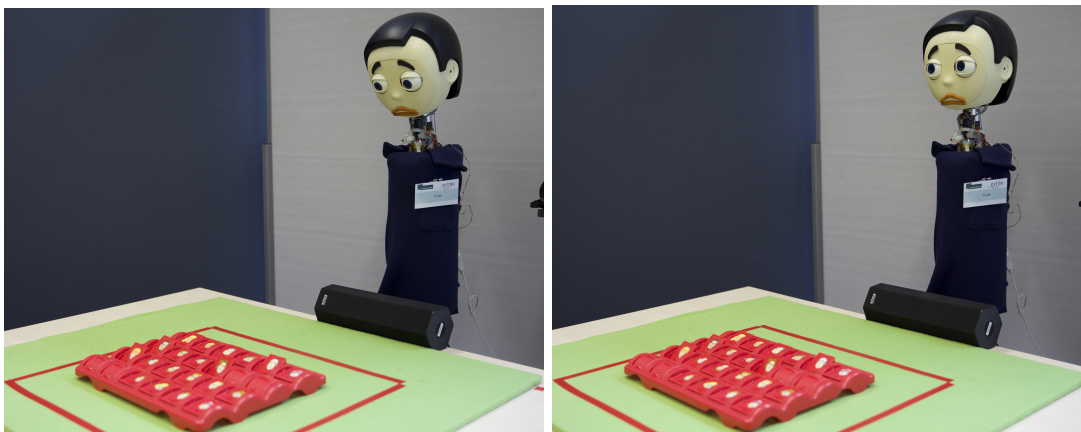
6.4 Ergebnisse der Evaluation

Die Evaluation des System wurde im Zeitraum April - Mai 2014 im intelligenten Appartement des CITEC Gebäude an der Universität Bielefeld durchgeführt. Da das System eine Einbindung des Kontexts vorsieht, wäre eine Evaluation unter Laborbedingungen nicht optimal gewesen. Das Appartement bietet für die Durchführung von Interaktionsstudien perfekte Voraussetzungen. Es handelt sich dabei um eine komplett eingerichtete Wohnung mit Wohnzimmer, Küche und Badezimmer. Direkt angeschlossen ist ein Technikraum zur Überwachung des Ablaufs. Die Ergebnisse der durchgeführten Evaluation lassen sich in zwei Teile trennen. Zum einen jene, die Wahrnehmung des Roboters beschreiben, des Weiteren die Daten, die das Verhalten des Roboters beurteilen.



(a) Schritt 1: Der Roboter schaut während der gesamten Interaktion den Teilnehmer an.

(b) Schritt 2: Wenn eine strategische Emotion ausgelöst wird, schaut der Roboter runter auf das Spielfeld.



(c) Schritt 3: Der Roboter verändert seinen neutralen Gesichtsausdruck zu einem traurigen Ausdruck.

(d) Schritt 4: Der Roboter schaut den Teilnehmer mit dem traurigen Gesichtsausdruck an und fragt: *Bist du sicher, dass du das fragen möchtest?*

Abbildung 6.9: Der Ablauf beim strategischen Einsatz einer Emotion. Sobald eine strategische Emotion ausgelöst wird, wird die oben abgebildete Reaktion ausgelöst.

| | Kondition 1 | Kondition 2 | Kondition 3 | Kondition 4 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Alter | 24,39 | 23,90 | 25,60 | 24,89 |
| Frauen | 10 | 14 | 14 | 8 |
| Männer | 8 | 6 | 6 | 11 |
| Anzahl Spiele | 59 | 80 | 98 | 63 |

Tabelle 6.1: In dieser Tabelle sind die demographischen Daten der Teilnehmer aufgelistet.

6.4.1 Statistische Auswertungsverfahren

Zur Prüfung der Hypothesen wurde mit Hilfe von SPSS 22 für MAC und Microsoft Excel 2011 die folgenden statischen Tests durchgeführt. Um den Einfluss der Konditionen (Kondition 1: Kontrollkondition ohne emotionales Feedback; Kondition 2: Emotionales Feedback in Form von Facial Mimicry; Kondition 3: Emotionales Feedback in Form von Facial Mimicry und strategischen Emotionen; Kondition 4: Emotionales Feedback in Form von Facial Mimicry, Reaktionen auf Events, die neben der Hauptinteraktion auftreten und der Einsatz von strategischen Emotionen) auf die Beurteilung der Skalen zu testen, wurde für die Items einer Skala eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Anschliessend wurden gepaarte T-Tests durchgeführt, um die Unterschiede auf Itemebene zwischen den einzelnen Konditionen im Vergleich zur Kontrollkondition auszuwerten. Das Alpha-Fehlerniveau wurde bei dem zweiseitigen Test auf $p = .05$ festgelegt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der ANOVAs und T-Tests für die Items einzelnen Skalen berichtet.

6.4.2 Teilnehmer

An der Studie haben insgesamt 85 Personen teilgenommen. Von den Teilnehmer mussten insgesamt 8 Personen aufgrund unvollständiger Datensätze ausgeschlossen werden. Die Probanden wurden für die Teilnahme an der Studie bezahlt.

Wie aus der Tabelle 6.1 ersichtlich, verteilen sich die Teilnehmer der Studie gleichmäßig auf die vier Konditionen. Beim Studiendesign handelt es sich um ein between-subjects-design, jeder Teilnehmer hat nur eine Kondition gesehen. Zwischen den Teilnehmer gab

es weder im Alter noch im Geschlecht einen signifikanten Unterschied (Pearson-Chi-Quadrat = 6.201).

6.4.3 Ergebnisse in Bezug auf die Wahrnehmung des Roboter

Im folgenden Abschnitt werden die Daten beschrieben, die das Aussehen und die Wahrnehmung des Roboters betreffen.

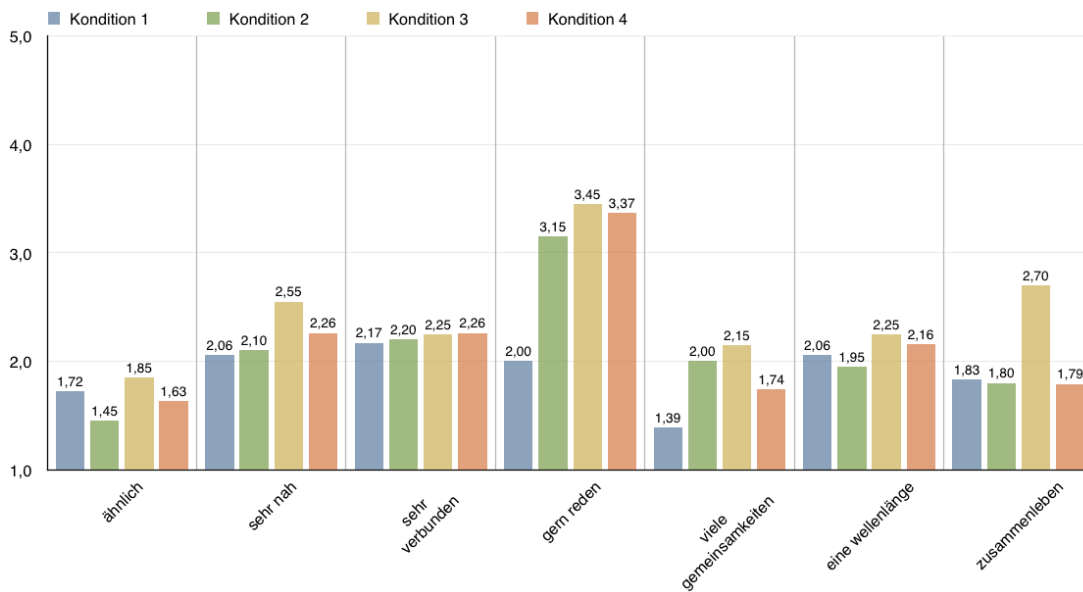


Abbildung 6.10: In diesem Diagramm Ergebnisse bezüglich der gefühlten Ähnlichkeit zwischen den Teilnehmern und dem Roboter.

Ähnlichkeit

In Abbildung 6.10 sind Ergebnisse bezüglich der **Ähnlichkeit** zwischen den Teilnehmern und dem Roboter, aufgeteilt auf die vier Konditionen, dargestellt. Für diese Skala ergaben sich signifikante Unterschiede bei mehreren Items. Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *sehr nah* unterschiedlich [$F(3, 74) = 1.09$, $p = .359$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=2.55$, $SD=.61$] als die in der 1. Kondition [$M=2.06$, $SD=.87$; $t(36)=-2.05$, $p = .048$].

Die Teilnehmer der Kondition beurteilten auch das Item *zusammenleben* unterschiedlich [$F(3, 74) = 3.91$, $p = .012$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für dieses

Item einen höheren Wert an [$M=2.70$, $SD=1.21$] als die in der 1. Kondition [$M=1.83$, $SD=.99$; $t(36)=-2.39$, $p = .022$].

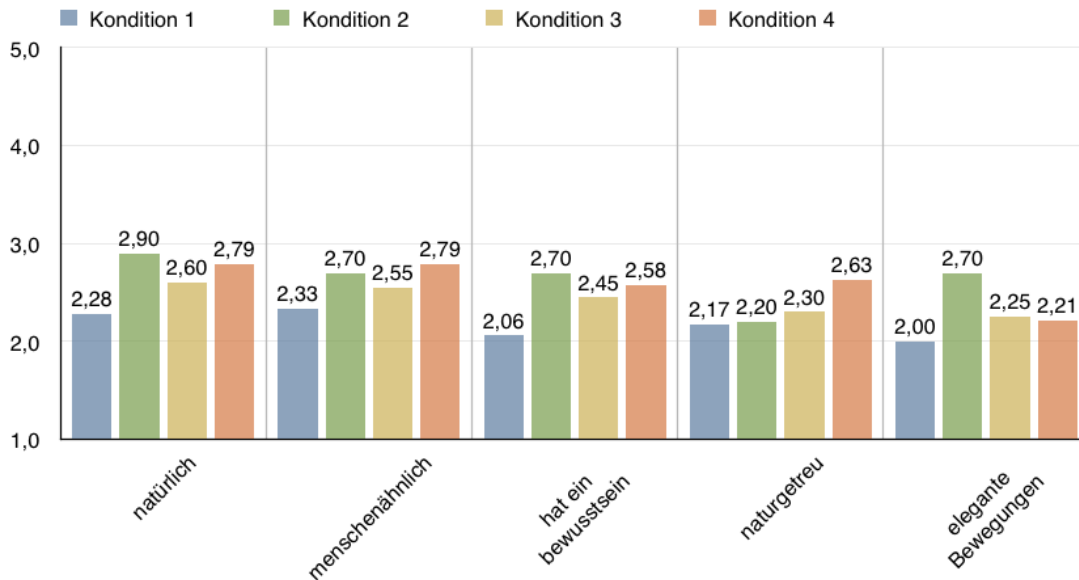


Abbildung 6.11: Das Diagramm zeigt die Ergebnisse bezüglich der Ähnlichkeit zwischen Menschen und Flobi.

Anthropomorphismus

In Abbildung 6.11 sind Ergebnisse bezüglich des Anthropomorphismus, aufgeteilt auf die vier Konditionen, dargestellt. Für die Skala **Anthropomorphismus** ergaben sich signifikante Unterschiede. Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *elegante Bewegungen* signifikant unterschiedlich [$F(3, 76) = 1.57$, $p = .205$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=2.74$, $SD=1.09$] als die in der 1. Kondition [$M=2.0$, $SD=.91$; $t(35)=-2.22$, $p = .033$].

Eine weitere Tendenz ist bei dem Item *hat ein Bewusstsein* zu erkennen. Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item tendenziell unterschiedlich [$F(3, 76) = 1.48$, $p = .295$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=2.68$ s, $SD=.95$] als die in der 1. Kondition [$M=2.06$, $SD=1.16$; $t(35)=-1.81$, $p = .079$].

Belebtheit

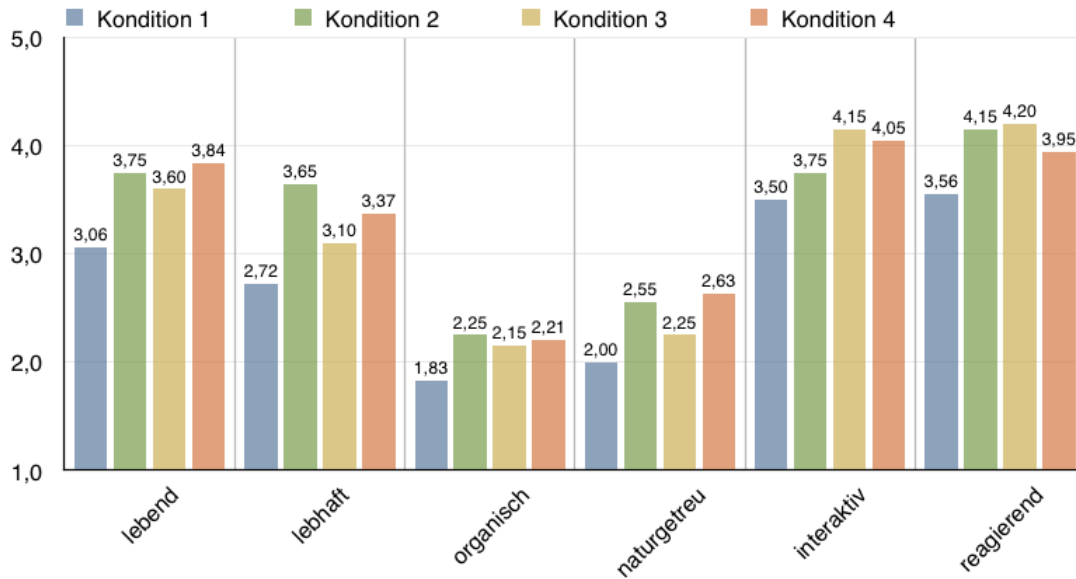


Abbildung 6.12: In diesem Diagramm sind die Bewertungen im Bezug auf die Lebendigkeit des Roboters dargestellt.

In Abbildung 6.12 sind Ergebnisse bezüglich der **Belebtheit** des Roboters dargestellt. Zu dieser Kategorie zählen Faktoren, die die Interaktion mit dem Roboter betreffen, wie seine Interaktivität und Reaktivität. Für diese Skala ergaben sich signifikante Unterschiede bei mehreren Items. Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *lebend* unterschiedlich [$F(3, 74) = 2.61, p = .058$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=3.74, SD=.93$] als die in der 1. Kondition [$M=3.06, SD=.99; t(35)=-2.25, p = .039$].

Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten ebenfalls das Item *lebhaft* unterschiedlich [$F(3, 74) = 3.4, p = .022$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=3.63, SD=.76$] als die in der 1. Kondition [$M=2.72, SD=.83; t(35)=-3.49, p = .001$]. Auch die Teilnehmer in der 4. Kondition bewerteten dieses Item tendenziell besser [$M=3.30, SD=1.13; t(36)=-1.78, p = .083$].

Ein weiterer signifikanter Unterschied ergab sich für das Item *interaktiv*. Die Teilnehmer beurteilten dieses Item unterschiedlich [$F(3, 74) = 2.28, p = .086$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für das Item *interaktiv* einen höheren Wert an [$M=4.15, SD=.67$] als die in der 1. Kondition [$M=3.50, SD=1.04; t(36)=-2.31, p = .027$].

Die Teilnehmer beurteilten auch das Item *reagierend* unterschiedlich [$F(3, 74) = 2.07,$

$p = .111$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=4.2$, $SD=.70$] als die in der 1. Kondition [$M=3.56$, $SD=.92$; $t(36)=-2.45$, $p = .019$].

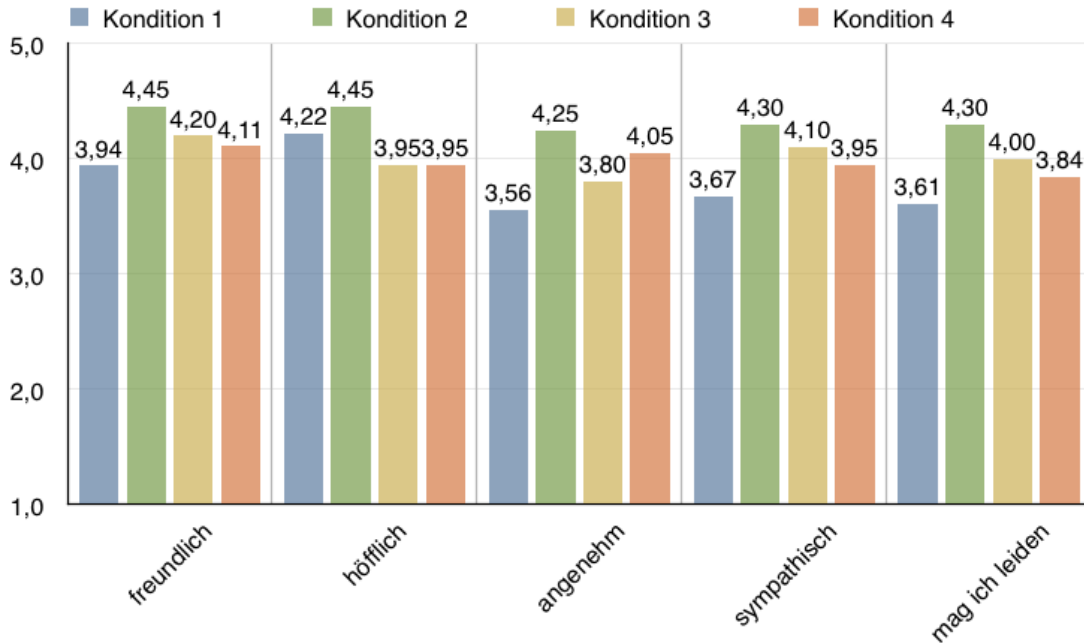


Abbildung 6.13: Das Diagramm zeigt Einschätzung, wie liebenswürdig der Roboter wahrgenommen wird.

Liebenswürdigkeit

In der letzten Abbildung dieses Abschnitts 6.13 sind Ergebnisse bezüglich der **Liebenswürdigkeit** des Roboter eingezeichnet. Für diese Skala ergaben sich signifikante Unterschiede bei mehreren Items. Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *angenehm* unterschiedlich [$F(3, 74) = 1.93$, $p = .132$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=4.21$, $SD=.92$] als die in der 1. Kondition [$M=3.56$, $SD=.92$; $t(35)=-2.17$, $p = .037$].

Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten ebenfalls das Item *sympathisch* unterschiedlich [$F(3, 74) = 1.58$, $p = .201$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=4.30$, $SD=.65$] als die in der 1. Kondition [$M=3.67$, $SD=.97$; $t(35)=-2.21$, $p = .034$].

Auch das Item *mag ich leiden* haben die Teilnehmer der vier Kondition unterschiedlich

beurteilt [$F(3, 74) = 1.75, p = .163$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=4.30, SD=.64$] als die in der 1. Kondition [$M=3.61, SD=.92; t(35)=-2.50, p = .017$].

6.4.4 Ergebnisse in Bezug auf das Verhalten des Roboters

Neben dem Aussehen und den Bewegungen, die der Roboter macht, wurden auch die Emotionen, insbesondere deren Art und Anzahl evaluiert. Aber auch die empfundene Intelligenz des Roboters wurde abgefragt. Die folgenden Diagramme erläutern die Ergebnisse.

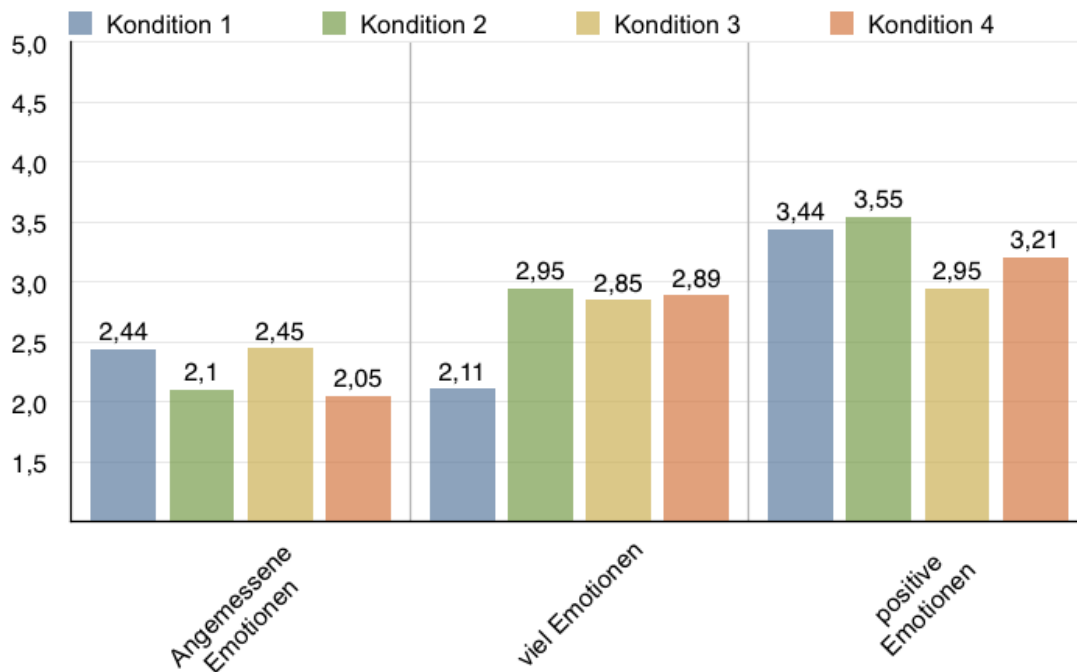


Abbildung 6.14: In diesem Diagramm sind die Ergebnisse bezüglich der Emotionen, die der Roboter ausgedrückt hat, dargestellt.

Emotionen

In Abbildung 6.14 sind Ergebnisse bezüglich der Emotionen, die der Roboter während der Interaktion ausgedrückt hat, dargestellt. Für die Skala **Emotionen** ergaben sich signifikante Unterschiede bei mehreren Items. Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *Wenig Emotion ausgedrückt/Sehr viel Emotion ausgedrückt*

unterschiedlich [$F(3, 74) = 3.04, p = .058$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für das Item *viel wissend* einen höheren Wert an [$M=2.84, SD=.1.07$] als die in der 1. Kondition [$M=2.11, SD=1.02;t(36)=-2.12, p = .041$]. Ebenso gaben die Teilnehmer der 3. Kondition einen höheren Wert an [$M=2.85, SD=.1.04;t(36)=-2.20, p = .034$]. Auch die Teilnehmer der 4. Kondition gaben einen höheren Wert an [$M=2.95, SD=1.09;t(36)=-2.42, p = .020$]

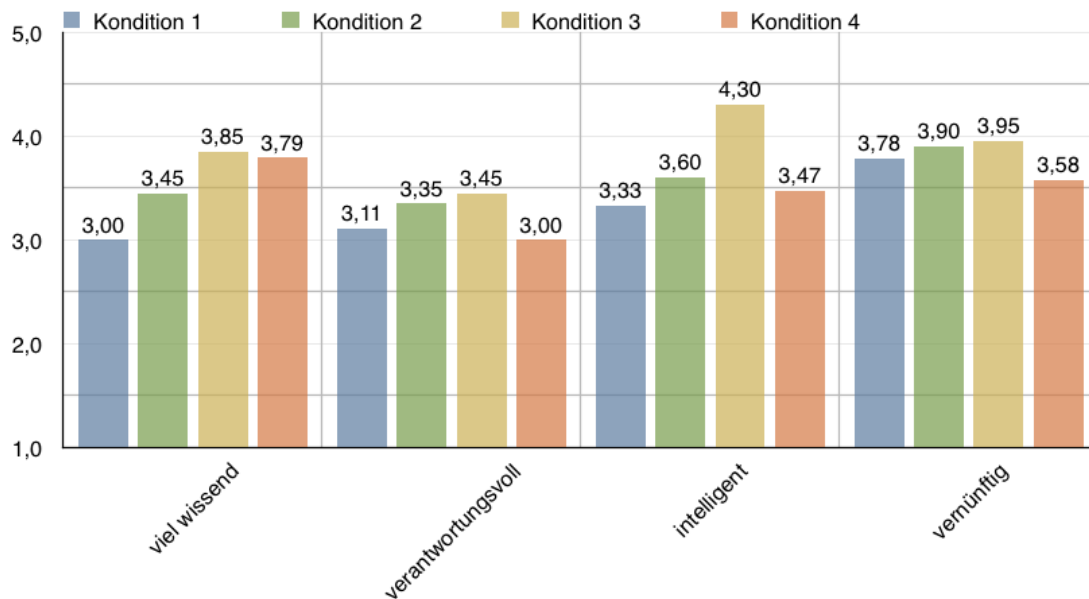


Abbildung 6.15: In diesem Diagramm ist die Einschätzung, wie intelligent, der Roboter wirkt dargestellt.

Empfundene Intelligenz

In Abbildung 6.15 sind die Ratings in Bezug auf die Intelligenz des Roboters eingetragen. Für die Skala **Intelligenz** ergaben sich signifikante Unterschiede bei mehreren Items. Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *viel wissend* unterschiedlich [$F(3, 74) = 3.7, p = .015$], die Teilnehmer der 4. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=3.70, SD=.87$] als die in der 1. Kondition [$M=3.00, SD=.97;t(36)=-2.35, p = .024$]. Ebenfalls gaben die Teilnehmer der 3. Kondition für das Item *viel wissend* einen höheren Wert an [$M=3.85, SD=.75$] als die in der 1. Kondition [$M=3.00, SD=.97;t(36)=-3.05, p = .004$].

Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *Intelligent* unterschiedlich [$F(3,$

74) = 5.9, $p = .001$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=4.30$, $SD=.57$] als die in der 1. Kondition [$M=3.33$, $SD=.97$; $t(36)=-3.79$, $p = .001$].

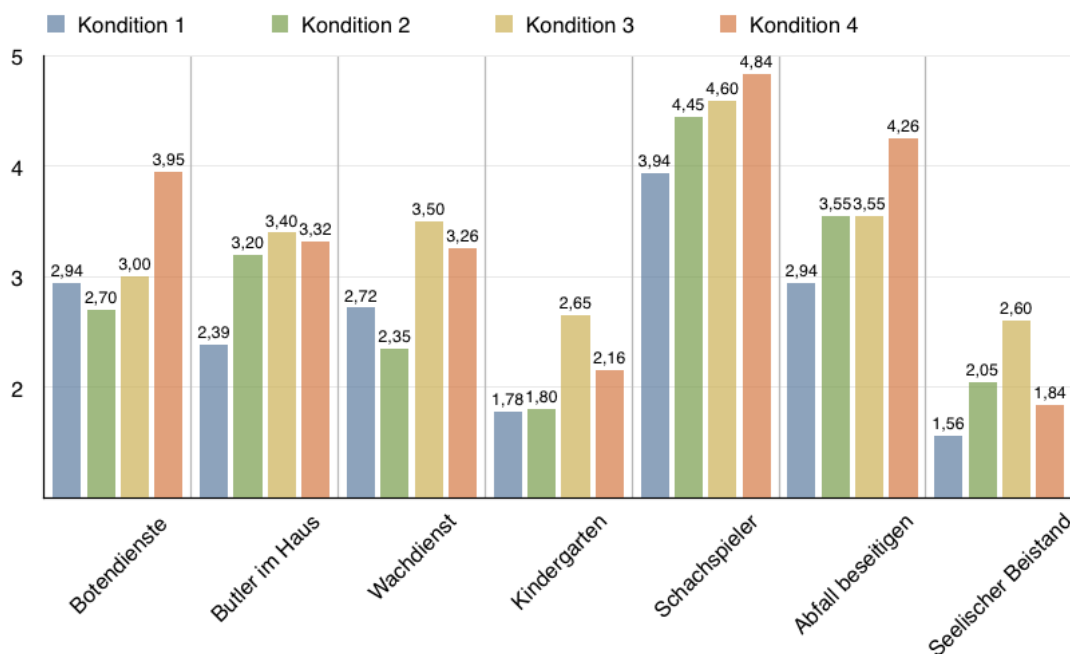


Abbildung 6.16: In diesem Diagramm ist die Einschätzung bezüglich der Aufgaben, welche der Roboter übernehmen könnte, dargestellt.

Aufgaben

In Abbildung 6.16 sind Ergebnisse bezüglich der Aufgaben, die der Roboter nach Meinung der Teilnehmer ausführen könnte. Für die Skala **Aufgaben** ergaben sich signifikante Unterschiede bei mehreren Items. Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *Botendienste* (z.B. *Post aufgeben*, *Zeitung holen*) unterschiedlich [$F(3, 74) = 3.5$, $p = .020$], die Teilnehmer der 4. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=4.0$, $SD=1.03$] als die in der 1. Kondition [$M=2.94$, $SD=1.43$; $t(36)=-2.63$, $p = .012$].

Die Teilnehmer der vier Kondition beurteilten das Item *Butler im Haus* unterschiedlich [$F(3, 74) = 2.33$, $p = .082$], die Teilnehmer der 2. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=3.20$, $SD=1.15$] als die in der 1. Kondition [$M=2.39$, $SD=1.24$; $t(36)=-2.09$, $p = .044$]. Ebenso gaben die Teilnehmer der 3. Kondition

einen höheren Wert an [$M=3.4$, $SD=1.31$; $t(36)=-2.43$, $p = .020$]. Die Teilnehmer der vier Konditionen beurteilten das Item *Wachdienst (z.B. in öffentlichen Gebäuden)* unterschiedlich [$F(3, 74) = 3.1$, $p = .033$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für dieses Item einen tendenziell höheren Wert an [$M=3.50$, $SD=1.28$] als die in der 1. Kondition [$M=2.72$, $SD=1.45$; $t(36)=-1.76$, $p = .087$].

Die Teilnehmer der vier Konditionen beurteilten das Item *Soziales Spielen mit Kindern im Kindergarten* unterschiedlich [$F(3, 74) = 3.3$, $p = .063$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=2.65$, $SD=1.38$] als die in der 1. Kondition [$M=1.78$, $SD=1.06$; $t(36)=-2.16$, $p = .038$].

Die Teilnehmer der vier Konditionen beurteilten das Item *Schachspieler* unterschiedlich [$F(3, 74) = 2.74$, $p = .006$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=4.60$, $SD=.503$] als die in der 1. Kondition [$M=3.94$, $SD=1.21$; $t(36)=-2.22$, $p = .033$]. Ebenso gaben die Teilnehmer der 4. Kondition einen höheren Wert an [$M=4.85$, $SD=.37$; $t(36)=-3.19$, $p = .003$].

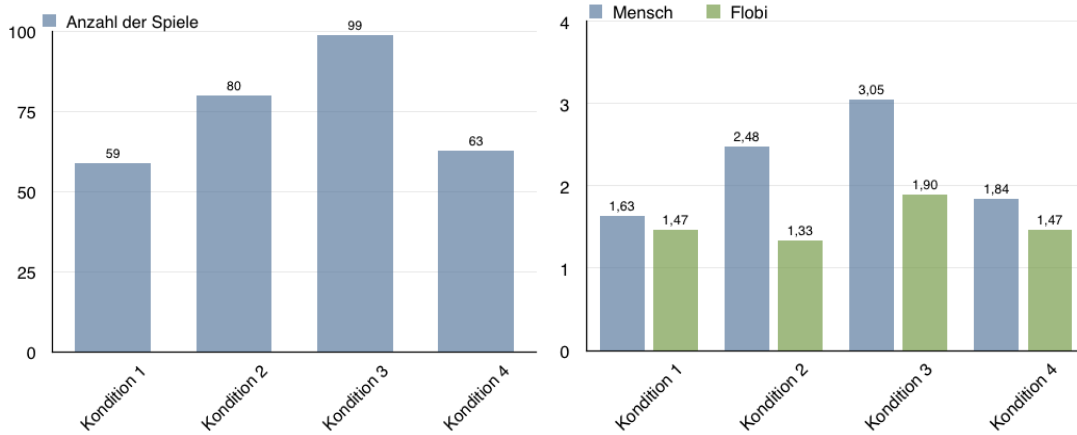
Die Teilnehmer der vier Konditionen beurteilten das Item *Abfall beseitigen* unterschiedlich [$F(3, 74) = 3.42$, $p = .021$], wie in der Abbildung zu erkennen ist gaben die Teilnehmer der 4. Kondition für dieses Item einen höheren Wert an [$M=4.30$, $SD=1.40$] als die in der 1. Kondition [$M=2.94$, $SD=1.17$; $t(36)=-3.81$, $p = .001$].

Die Teilnehmer der vier Konditionen beurteilten das Item *Seelischer Beistand* unterschiedlich [$F(3, 74) = 2.77$, $p = .098$], die Teilnehmer der 3. Kondition gaben für dieses Item einen höheren Wert an [$M=2.60$, $SD=1.57$] als die in der 1. Kondition [$M=1.56$, $SD=.92$; $t(36)=-2.47$, $p = .019$].

6.4.5 Ergebnisse in Bezug auf die Interaktion

In Abbildung 6.17(a) sind die Ergebnisse bezüglich der Anzahl der Spiele dargestellt. Für die Skala **Anzahl der Spiele** ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Konditionen. Die Teilnehmer der vier Konditionen haben unterschiedlich oft gespielt [$F(3, 75) = 4.0$, $p = .011$], die Teilnehmer der 2. Kondition haben signifikant mehr Spiele gespielt [$M=3.81$, $SD=1.25$] als die in der 1. Kondition [$M=3.11$, $SD=.32$; $t(38)=-2.39$, $p = .004$]. Ebenso gaben die Teilnehmer der 3. Kondition häufiger gespielt [$M=4.90$, $SD=3.13$; $t(37)=-2.49$, $p = .004$].

In Abbildung 6.17(b) sind die Ergebnisse bezüglich der Spielausgänge dargestellt. Für



(a) Übersicht über die Anzahl der Spiele über die Konditionen
 (b) Übersicht über die Anzahl der gewonnenen Spiele über die Konditionen

Abbildung 6.17: Die Ergebnisse bezüglich der Anzahl der Spiele und deren Ausgang.

die Skala **Ausgang der Spiele** ergaben sich Unterschiede zwischen den Konditionen. Die Teilnehmer haben unterschiedlich häufig gewonnen [$F(3, 75) = 3.39, p = .022$], die Teilnehmer der 2. Kondition haben signifikant häufiger gewonnen [$M=2.48, SD=1.36$] als die in der 1. Kondition [$M=1.63, SD=.90; t(38)=-2.29, p = .028$]. Ebenso haben die Teilnehmer der 3. Kondition signifikant häufiger gewonnen [$M=3.05, SD=2.42; t(37)=-2.39, p = .022$].

6.4.6 Diskussion der Evaluation

In Abbildung 6.10 sind Ergebnisse bezüglich der Ähnlichkeit zwischen den Teilnehmern und dem Roboter, aufgeteilt auf die vier Konditionen, dargestellt. In diesem Diagramm fallen mehrere Ergebnisse direkt ins Auge. Interessant ist gleich der Wert für *ähnlich* in der 2. Kondition. Scheinbar führt der Einsatz von Facial Mimicry zu einer Verringerung der empfundenen Ähnlichkeit zum Roboter. Dieser Wert widerspricht der vorherigen Annahme, zu erwarten wäre hier ein Anstieg. Dieser stellt sich in der 3. Kondition ein, hier liegt der Wert wieder knapp über dem der Kontrollkondition.

Ein weiterer deutlicher Anstieg ist bei der empfundenen Nähe zum Roboter zu sehen. Während hier ein leichter Anstieg der empfundenen Nähe von der 1. bis zu 4. Kondition zu erkennen ist, steigt der Wert in der 3. Kondition signifikant an. In dieser Kondition

hat der Roboter nicht nur Mimicry gemacht, sondern auch Emotionen eingesetzt, um den Spielverlauf zu seinen Gunsten zu beeinflussen. Intuitiv liegt die Vermutung nahe, dass sich dies negativ auf die Bewertung auswirkt, doch der Anstieg in der empfundenen Nähe zum Menschen lässt darauf schliessen, dass dies den Roboter natürlicher und in seinem Verhalten vielleicht auch menschlicher erscheinen lässt.

Die nächste Auffälligkeit findet sich in der Skala, in der gefragt wurde, ob der Proband mit dem Roboter einmal persönlich reden möchte. Während die Bewertung in der 1. Kondition, ohne jegliche Emotionen, bei gerade mal 2 liegt, steigt sie in allen anderen Konditionen stark an und liegt in der 3. Kondition, mit im Schnitt 3.45, fast doppelt so hoch. Scheinbar wird der Roboter, auch durch den strategischen Einsatz von Emotionen, als kommunikativer wahrgenommen und erweckt den Eindruck, als könne man mit ihm auf eine natürliche Art interagieren und sprechen oder spielen. Aber auch schon die 2. Kondition, in der er nur Facial Mimicry macht, wird schon deutlich besser bewertet als die neutrale Kontrollkondition. Interessanterweise fällt der Wert in der 4. Kondition unter den der 3. Kondition, und das, obwohl der Roboter in dieser Kondition mehr gesprochen hat und die Personen, die während der Interaktion den Raum betreten haben, ebenfalls angesprochen hat. Aber wahrscheinlich war auch genau das der Grund für den marginalen Abfall, es mag nicht eindeutig gewesen sein, warum sich der Roboter in dieser Situation vom Probanden abwendet und mit einer anderen Person spricht.

Die beiden folgenden Items sind in allen Konditionen sehr niedrig bewertet, ein solches Ergebnis war für die Fragen nach Gemeinsamkeiten mit dem Roboter und ob man mit dem Roboter auf einer Wellenlänge liegt, auch zu erwarten gewesen. Interessant ist dennoch der Anstieg bei der Frage nach den Gemeinsamkeiten. Die Gruppe aus der Kontrollbedingung hat am wenigsten Gemeinsamkeiten zwischen ihnen und dem Roboter gesehen, der höchste Wert ist auch hier wieder in der 3. Kondition zu finden. Das lässt vermuten, dass es einen Zusammenhang zwischen der gefühlten Nähe zum Roboter und dem subjektiven Empfinden von Gemeinsamkeiten gibt. Dieser ist bei der Frage nach einer gemeinsamen Wellenlänge jedoch nicht zu sehen.

Das letzte Item in dieser Skala birgt sogleich auch den spannensten Effekt. Die Frage nach einem Zusammenleben mit dem Roboter wird nur von der Gruppe der 3. Kondition überdurchschnittlich häufig mit ja bzw. eher ja beantwortet. An dieser Stelle wäre es wichtig zu wissen, was ein Zusammenleben für die Probanden, die

sich das vorstellen können, bedeutet. Würden sie gern mit ihm zusammen wohnen, weil es Spass macht, gegen ihn zu spielen, oder sprechen sie ihm, basierend auf der Interaktion, noch weitere, positive Fähigkeiten im Alltagsleben zu? Ein Blick auf die möglichen Einsatzgebiete für den Roboter lässt jedoch vermuten, dass der Roboter in der Wohnung eher niedere Arbeiten übernehmen soll.

In Abbildung 6.11 sind Ergebnisse bezüglich der Ähnlichkeit zwischen dem Menschen im allgemeinen und dem Roboter Flobi, aufgeteilt auf die vier Konditionen, dargestellt. Auch in dieser Skala sind mehrere Ergebnisse zu diskutieren. Zunächst fällt hier auf, dass sich die 4 Kondition kaum auf die Einschätzung des Antropomorphismus auswirkt. Lediglich bei der Einschätzung der Bewegung des Roboters ist hier eine signifikante Veränderung bei der 2. Kondition zu beobachten. Das bedeutet, hier spielt das Facial Mimicry scheinbar eine große Rolle. Die zusätzlichen Arten des Feedback in den anderen Konditionen wirken wieder eher ablenkend und führen zu einer schlechteren Bewertung.

In Abbildung 6.12 sind Ergebnisse bezüglich der Belebtheit des Roboters dargestellt. Zu dieser Kategorie zählen Faktoren die die Interaktion mit dem Roboter betreffen, wie seine Interaktivität und Reaktivität. Hier wurden der Roboter in zwei Skalen nur mittelmäßig bis schlecht bewertet. Dabei muss man festhalten, dass die Skalen für mechanisch/organisch und künstlich/naturgetreu möglicherweise nicht optimal gewählt waren, sie können sich sowohl auf das Äußere des Roboters beziehen, aber auch auf seine Bewegungen.

Für die Skala tot/lebend gibt es einen eindeutigen Unterschied zwischen der 1. Kondition und drei Konditionen, in denen er ein emotionales Feedback gegeben hat. Das ist ein Ergebnis, was so zu erwarten war, dafür dass er in der neutralen Bedingung nur seine Lippen zum Sprechen bewegt hat, liegen die Bewertungen dennoch sehr nah beieinander. In der Skala für träge/lebhaft ist der Unterschied schon eindeutiger, es gibt einen eindeutigen Sprung von der 1. Kondition zur 2. Kondition. Das bedeutet, dass ihn das Facial Mimicry eindeutig lebhafter erscheinen lässt. Bei den letzten beiden Skalen zeigt sich ein sehr ähnliches Bild, ein Grund dafür wird sicher sein, dass sie semantisch sehr nahe beieinander liegen. Das ist zum einen untätig/interaktiv und zum anderen teilnahmslos/reagierend. Beide Skalen haben mit mindestens 3.5 relativ hohe Ratings und das gleiche Muster. Die neutrale Kondition hat, erwartungsgemäß, das niedrigste Rating. Für die 2. und 3. Kondition steigt es an, was auch wieder der Literatur und den Erwartungen entspricht. Überraschend ist hier allerdings der geringe

Abfall des Ratings in der 4. Kondition. Gerade in dieser Kondition war der Roboter eher interaktiv und auch hat er auf andere Personen reagiert. Dieses Rating entspricht somit nicht den Erwartungen. Aber auch wenn die Ratings für diese Kondition gefallen sind, sind sie noch deutlich höher als jene für die neutrale Kondition.

In der letzten Abbildung dieses Abschnitts 6.13 sind die Ergebnisse bezüglich der Liebenswürdigkeit des Roboters eingezeichnet. Bei diesen fünf Skalen ist die 1. Kondition durchgehend am besten bewertet. Und durchgehend sind alle Skalen dieser Gruppe sehr gut bewertet, es gibt keine Skala, die unter 3.5 bewertet wurde. Es scheint, als würde für diese Skalen ein einfaches Facial Mimicry ausreichen, um den Roboter liebenswürdig erscheinen zu lassen. Während es bei den Skalen unfreundlich/freundlich und unhöflich/höflich nur eine Tendenz gibt, ist für die Skalen unangenehm/angenehm, unsympathisch/sympathisch und mag ich nicht leiden/mag ich leiden die 2. Kondition signifikant besser bewertet als die 1. Kondition. Das sind Ergebnisse, die Erkenntnisse aus der Literatur replizieren. Ebenso zu erwarten ist der Abfall in der 3. Kondition, der Roboter wird tendenziell schlechter bewertet, wenn er Emotionen strategisch einsetzt, um die Interaktion zu beeinflussen.

In Abbildung 6.14 sind Ergebnisse bezüglich der Emotionen, die der Roboter während der Interaktion ausgedrückt hat, dargestellt. Dabei ist die Skala für die Aussage, dass er „angemessene Emotionen“ zeigt, sehr niedrig und zeigt zwischen den Konditionen keinen großen Unterschied. Überraschend dabei ist, dass die 1. Kondition mit am besten bewertet wurde und das, obschon er in dieser Kondition keinerlei Emotionen gezeigt hat. Andererseits liegt das Rating für die Menge der Emotionen, die der Roboter in der 1. Kondition gezeigt hat, sehr niedrig. Hier gibt es zwischen den Konditionen auch einen signifikanten Unterschied. Im direkten Vergleich zu der Kontrollkondition wurde die Skala für die Menge der gezeigten Emotionen bei allen anderen Konditionen signifikant höher bewertet. Da in der Kontrollkondition keine Emotionen gezeigt wurden, in den anderen jedoch schon, repliziert dies den Versuchsablauf.

In Abbildung 6.17(a) sind die Anzahl der Spiele in den unterschiedlichen Konditionen dargestellt. Dabei ist direkt zu sehen, dass die Teilnehmer in den Konditionen, in denen der Roboter emotional reagiert, deutlich mehr Spiele absolvieren als in der Kontrollkondition. Lediglich in der 4. Kondition gibt es einen Einbruch des Niveaus der 1. Kondition. Die Teilnehmer bekamen in jeder Kondition die gleichen Instruktionen (min. 3 Spiele), in der Kontrollkondition sind sie auch nur minimal von den

Instruktionen abgewichen (3.11 Spiele). In den Konditionen 2. und 3. spielten die Teilnehmer also freiwillig länger (3.8 und 4.9 Spiele). Dies legt die Vermutung nahe, dass der Einsatz von Emotionen in der Mensch-Roboter Interaktion die Bereitschaft erhöht, länger mit einem Roboter zu interagieren.

Wie in Abbildung 6.17(b) zu sehen ist, steigt ebenfalls die Performance der menschlichen Spieler wenn der Roboter Emotionen zeigt. Wie in den Abschnitten 2.6.1 und 2.6.2 beschrieben führt ein positiver Affekt zu einer besseren Informationsverarbeitung und einem kreativeren Entscheidungsverhalten. Diese beiden Effekte wurden in dieser Studie zwar nicht explizit getestet, aber die Ergebnisse in dieser Rubrik lassen vermuten, dass auch in der HRI ein ähnlichen Effekt existiert. Während sich die Ergebnisse in der 1. Kondition noch in Waage halten, steigt die Performance der Teilnehmer in der 2. und 3. Kondition signifikant an. Die des Roboters bleibt hingegen fast unverändert.

7 Resüme

Abschliessend wird noch einmal ein Blick auf die gesamte Arbeit geworfen und ein Resüme gezogen. Im folgenden Kapitel werden dafür die Ergebnisse, die in dieser Arbeit in das Forschungsgebiet der sozialen Robotik eingebracht werden, zusammengefasst. Des Weiteren werden die eingangs der Arbeit formulierten Fragen aufgegriffen und diskutiert, inwiefern diese beantwortet werden konnten. Zum Ende des Kapitels werden, im Ausblick, Überlegungen hinsichtlich weiterführender Arbeiten angestellt.

7.1 Ergebnisse der Evaluation

Das Ziel dieser Arbeit ist die Simulation von emotionalem Alignment, wie man es in der menschlichen Kommunikation beobachten kann. Der Fokus liegt hier auf der Interaktion zwischen Mensch und Roboter und wie diese, durch den Einsatz von Emotionen, beeinflusst und verbessert werden kann. Das, dafür entwickelte, Modell basiert auf Erkenntnissen, die zuvor in Studien mit verschiedenen Patientengruppen gesammelt wurden. Es besteht aus drei Schichten, die sich in erster Linie bezüglich der Komplexität der Informationsverarbeitung unterscheiden. Die unterste Schicht implementiert ein automatisches emotionales Alignment, sie ist in Form von Facial Mimicry realisiert. Die mittlere Schicht bildet das schematische emotionale Alignment, auf dieser Ebene wurden die Kontext-Ereignisse integriert. Die dritte Schicht implementiert das konzeptionelle emotionale Alignment, mit Hilfe dieser Schicht wurden die strategischen Emotionen umgesetzt.

Die Evaluation des implementierten Systems hat viele spannende Ergebnisse aufgezeigt. In der 2. Konditionen hat der Roboter nur Facial Mimicry eingesetzt, um das emotionale Alignment zu simulieren und so den Gesichtsausdruck des Interaktionspartners imitiert. In der Literatur gibt es viele Hinweise dafür, dass dies einen positiven Effekt auf die Interaktion hat. Gratch und Kollegen sprechen in diesem Zusammenhang von „Virtual Rapport“ mit virtuellen Agenten [Gratch et al., 2007]. Die Ergebnisse zeigen,

dass sich das Spiegeln von Kopf- und Körperbewegungen positiv auf das Engagement des Partner auswirkt. Ebenfalls waren, im Vergleich zu nicht imitierenden Agenten, Verbesserungen bei der Beurteilung der Verhaltens- und Interaktionsebene zu messen. Bailenson und Yee [Bailenson and Yee, 2005] sprechen in diesem Zusammenhang von „Digital Chameleons“. In ihrer Arbeit konnten sie zeigen, dass die Agenten, die Kopfbewegungen des Partners imitieren, überzeugender und sympathischer wirken als jene, die programmierte Bewegungen ausführen. Ähnliche Effekte konnten Riek und Kollegen auch bei Robotern replizieren [Riek et al., 2009]. In einer Studie mussten die Teilnehmer dem Roboter einen Weg erklären, währenddessen hat der Roboter alle Kopfbewegungen, nur das Nicken oder gar nichts imitiert. Das Imitieren der Kopfbewegungen hat zu einer verbesserten Zufriedenheit während der Interaktion geführt.

Die hier durchgeführte Studie lieferte ganz ähnliche Ergebnisse. Im direkten Vergleich zur Kontrollkondition wird der Roboter als lebendiger und lebhafter wahrgenommen, dies liegt sicher auch daran, dass sich der Roboter in der Kontrollkondition kaum bewegt hat. Die Auswertungen haben gezeigt, dass der Roboter nur positive Gesichtsausdrücke imitiert hat. Das wird dazu geführt haben, dass die Probanden den Roboter als sympathischer und angenehmer bewertet haben. Bei der Auswertung der möglichen Einsatzgebiete haben die Einschätzungen auf den Einsatz als Butler im Haushalt konzentriert. Das ist in sofern plausibel, da von einem Butler nicht erwartet wird, dass er eigene Emotionen zeigt, er sollte bestenfalls auf die Emotionen seiner Herrschaften reagieren.

Die 3. Kondition fügt zu dem *Facial Mimicry* noch den strategischen Einsatz von Emotionen hinzu. Zum strategischen oder manipulativen Einsatz von Emotionen in der Mensch-Roboter Interaktion (HRI) gibt es kaum Hinweise in der Literatur. Um zu untersuchen, inwiefern sich der strategische Einsatz von Emotionen auf die HRI auswirkt, hat der Roboter in bestimmten Spielsituationen gezielt eine traurige Mimik gepaart mit einer traurigen Prosodie eingesetzt, um den Spielpartner zu irritieren und zu einem anderen Spielzug zu verleiten. Bei der Auswertung haben sich zum Teil die Ergebnisse aus der 2. Kondition wiederholt, jedoch sind noch weitere signifikante Unterschiede zur Kontrollkondition hinzugekommen. Der Roboter wurde in dieser Kondition als intelligenter und interaktiver wahrgenommen. Dies ist, aufgrund der neuen Bewegungen und dem neuen Verhalten, auch nicht überraschend. Diese Einschätzungen spiegeln sich auch in den möglichen Einsatzgebieten für den Roboter wider. Es wird in dieser Kondition, trotz des manipulativen Verhaltens, allem Anschein nach als sozialer wahrgenommen. Die Teilnehmer sehen den Roboter in dieser Kondition als einen sozialen Roboter im

Kindergarten oder als seelischen Beistand. Dies sind beides sehr verantwortungsvolle und höchst soziale Aufgaben.

Die 4. Kondition fügt noch ein weiteres Verhalten hinzu. Hier reagierte der Roboter auf Ereignisse, die nicht unmittelbar zur aktuellen Interaktion gehören und am Rande dieser stattfinden. Dies geht zurück auf die Liste, die bereits im Abschnitt 2.1.1 zitiert wurde, in ihrem Artikel definieren Fong und Kollegen „Socially situated“ wie folgt:

Robots that are surrounded by a social environment that they perceive and react to. Socially situated robots must be able to distinguish between other social agents and various objects in the environment [Fong et al., 2003].

Diese Kontextereignisse wurden in Form von Störungen durch den Versuchsleiter und durch eine eingeweihte Person in das Szenario eingebunden. Der Versuchsleiter wurde vom Roboter höflich darauf hingewiesen, dass dieser mit dem Probanden ein Spiel spielt. Die zweite Person wurde vom Roboter mit einem ärgerlichen Gesicht und einer dementsprechenden Prosodie zum Gehen aufgefordert. Die Ergebnisse in dieser Kategorie sind nicht so eindeutig wie die aus der vorherigen beiden. Hier ergaben sich signifikante Unterschiede lediglich in den Items für *lebhaft* und *viel wissend*. Beide Items wurden auch in den Kategorien 2. und 3. signifikant besser bewertet, daher ist es hier schwierig, eine eindeutige Aussage zu treffen. Ein deutlicher Unterschied ist jedoch in der Skala für den möglichen Einsatz zu erkennen. Während dem Roboter in den Konditionen zwei und drei noch sehr soziale Aufgaben zugesprochen wurden, teilen die Teilnehmer der 4. Kondition den Roboter für Botendienste oder zum Abfall beseitigen ein. Ein Grund dafür könnte sein, dass nicht eindeutig war, wem die verärgerte Reaktion gegolten hat oder warum er so reagiert hat.

7.2 Diskussion

Nach über 25 Jahren der Forschung im Bereich Emotional Computing gibt es Antworten auf viele Fragen. Eine Frage, die schon mehr als einmal beantwortet wurde, ist: „Muss ein Roboter Emotionen haben oder zeigen können?“

Diese Arbeit kann und möchte diese Frage nicht allgemeingültig beantworten, aber es konnte wieder einmal gezeigt werden, dass Emotionen in der HRI einen Effekt haben und dass dieser Effekt vom Kontext der Situation abhängt.

Das Phänomen der emotionalen Angleichung wurde in dieser Arbeit als ein Modell aus drei miteinander interagierenden Ebenen beschrieben, auf einem Roboter

implementiert und evaluiert. Diese Ebenen variieren dabei in erster Linie in der Komplexität der notwendigen Verarbeitungsschritte das bedeutet, ob sich der Sender zum Zeitpunkt seiner Äußerung deren Bedeutung und der möglichen Folgen vollkommen bewusst ist oder ob es eine automatische Reaktion auf einen wahrgenommenen Stimuli ist.

Zu Beginn der Arbeit wurden drei Fragen formuliert, die diese Arbeit beantworten möchte. Diese Fragen sind:

1. In welche Prozesse lässt sich diese emotionale Angleichung aufteilen?
2. Lassen sich diese Prozesse in einem technischen System realisieren?
3. Hat die Integration dieser Prozesse einen Einfluss auf die Mensch-Roboter Interaktion?

An dieser Stelle soll rückblickend diskutiert werden, inwiefern diese Arbeit Antworten auf diese Fragen liefern oder zu dessen Beantwortung beitragen kann.

Zur Bearbeitung der ersten Frage wurden in den Abschnitten 2.5 und 4.2 zum einen ein Überblick über entsprechende Literatur gegeben, ferner wurden mehrere Studien vorgestellt. So kann argumentiert werden, dass sich emotionales Alignment in drei Prozesse aufteilen lässt. Diese Prozesse unterscheiden sich in ihrer Komplexität und bauen entsprechend derer aufeinander auf.

Im Abschnitt 5 wurde ein technisches System erarbeitet, welches die zuvor präsentierten, Erkenntnisse integriert. Das System implementiert die drei Ebenen und simuliert so das emotionale Alignment zwischen Mensch und Roboter. Dieses Modell simuliert das automatische emotionale Alignment in Form von *emotional mimicry*. Das schematische emotionale Alignment wird durch die Integration von Ereignissen aus dem Kontext realisiert. Das konzeptuelle emotionale Alignment, welches den komplexesten Prozess bedeutet, wird hier über den strategischen Einsatz von Emotionen simuliert.

Im folgenden Abschnitt wird auf die Ergebnisse der Evaluation des System und somit auf die dritte Frage eingegangen. Zu Beginn der Evaluation wurden drei Hypothesen formuliert und mit Hilfe der Studie evaluiert. An dieser Stelle sollen diese noch mal betrachtet und die Ergebnisse hinsichtlich der Hypothesen diskutiert werden.

Hypothese 1:

Mit der Kondition, in der nur das automatische emotionale Alignment simuliert wird, können Ergebnisse aus anderen Studien, die die Effekte von Mimicry untersuchen, repliziert werden.

Ergebnisse

Im Abschnitt 3.4 wurden verschiedene mimicry-basierte Emotionsmodelle und deren Auswirkung auf die Mensch-Roboter Interaktion vorgestellt. Bei allen Modellen konnten die Entwickler einen positiven Effekt auf die Interaktion belegen. Die Ergebnisse der, im Rahmen dieser Arbeit, durchgeführten Studie können diese Ergebnisse replizieren. In der 2. Kondition hat der Roboter die, im Gesicht des Menschen, erkannten Emotionen gespiegelt. Der Roboter wurde in dieser Kondition als freundlicher und sympathischer bewertet als in der Kondition, in der er keine Emotionen gezeigt hat. Das bestätigt die Ergebnisse, die unter anderem Riek und Kollegen [Riek and Robinson, 2008] oder Gratch und Kollegen [Gratch et al., 2006] berichten. Neben diesen wurden noch viele weitere Studien durchgeführt, die zu ähnlichen Ergebnissen kommen. Aber der Roboter wurde als weniger intelligent bewertet als in der Kondition, in der strategische Emotionen eingesetzt wurden. Zu dem wurden in dieser Kondition auch weniger Spiele gespielt, das bedeutet, dass er in dieser Kondition nicht so motivierend erscheint.

Hypothese 2:

Der Roboter wird positiver und interaktiver bewertet, wenn er Emotionen zeigt. Dabei sollten sich Unterschiede zwischen den Konditionen aufzeigen, insbesondere dann, wenn der Roboter eine Emotion ausdrückt, um die Interaktion zu beeinflussen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse in der 2. und 3. Kondition führen tatsächlich zu einer Verbesserung in den Bewertungen der Interaktivität und zu einer positiveren Bewertung des Roboters. Bemerkenswerter Weise wurde der Roboter in der 2. Kondition, in den Skalen, in denen die Liebenswürdigkeit abgefragt wurde, besser bewertet als in der 3. Kondition. In dieser Kondition wurde der Roboter hingegen in den Skalen, in denen die Intelligenz des Roboters bewertet wurde, besser eingeschätzt. Zudem haben die Teilnehmer in diesen beiden Konditionen signifikant mehr Spiele gegen den Roboter gespielt als in der Kontrollkondition. Für diese beiden Konditionen kann diese Hypothese also bestätigt werden, ein anderes Ergebnis zeigt sich allerdings für die 4. Kondition. Die Einbindung von Kontext-Ereignissen und die Reaktion auf diese hat nicht zu einer weiteren Verbesserung geführt. Vielmehr ist es durch die Reaktion auf die Spielunterbrechungen zu einer Verschlechterung der Bewertung auf diesen Skalen gekommen. Dies kann unterschiedliche Gründe haben. Zum einen könnte das plötzliche Abwenden des Roboters die Teilnehmer irritiert haben. Des Weiteren könnte auch die negative Reaktion in Richtung der störenden Person nicht eindeutig gewesen sein. Unabhängig von der Qualität des Ergebnisses konnte aber ein Effekt gezeigt werden, daher wäre es wichtig, eine Studie

passend zu gestalten, um die Auswirkung von diesen Unterbrechungen gezielt zu testen.

Hypothese 3:

Die Probanden spielen freiwillig weitere Runden des Spiels, wenn der Roboter Emotionen zeigt. Alle Teilnehmer wurden mittels Handout, das vor Beginn der Interaktion ausgegeben wurde gebeten, mindestens drei Spiele zu machen. Ein Weiterspielen darüber hinaus war freigestellt.

Ergebnisse

Wie oben und im Abschnitt 6.4.5 erwähnt gibt es einen signifikanten Unterschied in der Anzahl der gespielten Spiele zwischen den 4 Konditionen. Die Steigerung der Anzahl gemachter Spiele ist sicher auf die positivere Wahrnehmung des Roboters zurückzuführen. Aber auch für diese Hypothese gilt die Einschränkung in der 4. Konditionen. Wie auf vielen anderen Skalen gibt es hier einen Einbruch und die Anzahl der geleisteten Spiele nimmt drastisch ab.

Neben den Ergebnissen, die sich direkt auf die Hypothesen beziehen, gibt es noch weitere spannende Ergebnisse. Für diese gilt allerdings, dass die Studie nicht so gestaltet war, um diese Ergebnisse zu erzielen, das soll heißen, sie waren zuvor nicht als Hypothesen formuliert, die es zu bestätigen oder zu verwerfen galt. Diese Ergebnisse können also durch einen Zufall entstanden sein und müssten gezielt in einer Studie getestet werden.

Dennoch sind diese Ergebnisse, gerade im Hinblick auf den in den Abschnitten 2.6.1 und 2.6.2 beschriebenen Einfluss auf die Informationsverarbeitung und das Entscheidungsverhalten, sehr interessant. So hat sich in der Studie gezeigt, dass die Probanden in den Konditionen 2 und 3 deutlich mehr Spiele gegen den Roboter gewonnen haben als in der Kontrollkondition oder der 4. Kondition. Genau in diesen Konditionen wurde der Roboter auch als emotional positiver wahrgenommen und bewertet. Ausgehend von der Annahme, dass ein emotional positiver sozialer Roboter einen positiven Affekt beim Menschen auslöst, deckt sich das mit der Theorie, dass ein positiver Affekt die Kreativität und Leistung bei Lösen von Problemen fördert.

In einer früheren Studie mit dem Roboter Flobi wurde untersucht, welchen Effekt der soziale Roboter auf das Blickverhalten bei Asperger Autisten hat [Damm et al., 2013]. Als ein Effekt konnte dabei gezeigt werden, dass die Patienten dem Roboter mehr und

länger Aufmerksamkeit schenken als einem Menschen, der die gleiche Aufgabe mit ihnen macht. Eine Einschränkung, mit der Patienten, mit Autismusspektrumsstörungen, leben müssen, ist die bedingte Fähigkeit zur Pflege von sozialen Kontakten und sozialer Interaktion. Um mit diesen Einschränkungen besser umgehen zu können, erwerben die Patienten mit Hilfe von Therapien die Fähigkeit, gezielt und bewusst auf Reize zu reagieren, auf die gesunde Menschen unbewusst und automatisch reagieren (z.B. emotional mimicry). In diesem Bereich wird auch schon lange der Einsatz von Robotern erforscht, dies geschieht unter anderem im Aurora-Projekt [Dautenhahn and Werry, 2004]. Da im Rahmen dieser Arbeit ein Effekt von emotionaler Angleichung auf verschiedenen Ebenen gezeigt werden konnte und sich der Roboter für eine soziale Interaktion mit Autismus-Patienten eignet, wäre ein weiterer Schritt, den Effekt des Systems bei einer entsprechenden Patientengruppe zu testen. Auf lange Sicht wäre es vielleicht sogar möglich, die Therapien mit einem sozialen Roboter zu unterstützen.

Im Projekt *Communicating emotions* des Sonderforschungsbereichs 673 (SFB673 C2) konnte gezeigt werden, dass die emotionale Anpassung ein Prozess ist, der auf drei Ebenen miteinander verflochten ist und mit einem unterschiedlichen Grad an Bewusstsein und als Automatismus funktioniert. Dieser Prozess hat in der Kommunikation drei relevante Verbindungspunkte, 1. Emotionen als Kontextfaktor, 2. Emotion als Level der Verarbeitung und 3. Emotionen als Gegenstand der Kommunikation. Das ist auch das, was im Rahmen des C2 Projekts mit Hilfe von eigenen empirischen Daten aus Interaktionsstudien mit Patienten mit neurologischen Erkrankungen nachgewiesen werden konnte. So dient diese Arbeit auch als Argument dafür, dass jede Theorie der Kommunikation und des kommunikativen Alignment auch das Phänomen des emotionalen Alignment berücksichtigen sollte. Im Einklang mit Davis Modell [Davis, 1994], sowie dem Ansatz von Brennan und Kollegen [Brennan et al., 2010], nehmen wir an, dass emotionale Bausteine als zusätzliche Information in der Modellierung von Interaktion berücksichtigt werden sollten.

Da noch viele Fragen unbeantwortet bleiben, ist es nötig, weitere Studien durchzuführen, um den Effekt genauer zu untersuchen. Das dies durchaus relevant ist, zeigen die theoretischen und empirische Ergebnisse dieser Arbeit. So können weitere Interaktionsstudien dabei helfen, die Parallelen, Unterschiede und Einflüsse von emotionalem und sprachlichem Alignment in Mensch-Mensch Interaktion auf der einen Seite und der Mensch-Roboter Interaktion auf der anderen Seite zu verstehen. Dabei sollten Aspekte, wie komplementäre Prozesse der Anpassung, Kongruenz oder dem Einfluss

von Kontext-Faktoren genauer untersucht werden. Hier kann das vorgestellte und implementierte Modell, vor allem für die Mensch-Roboter Interaktion, als Ausgangspunkt für zukünftige Studien dienen.

7.2.1 Ausblick

Mit dieser Arbeit wurde ein Modell vorgestellt, das versucht, Phänomene zu simulieren, die man im Alltag zwischen Menschen beobachten kann. Die implementierten Mechanismen wurden systematisch in einer komplexen Studie untersucht. Es bleibt aber noch Raum für Veränderungen und Verbesserungen, sei es bei Evaluation, bei der Interaktion mit dem Roboter oder bei der Implementation des Systems.

Im Rahmen der Evaluation wurden die Effekte der Ebenen auf die Interaktion, in vier Konditionen, systematisch untersucht. Dabei wurde aber nur eine Ebene isoliert für sich betrachtet, jene für das automatische emotionale Alignment. So konnten Ergebnisse früherer Studien repliziert werden. Im weiteren Verlauf wurde dann das automatische emotionale Alignment in Kombination mit dem konzeptuellen emotionalen Alignment evaluiert. In der vierten Kondition wurden alle drei Ebenen gleichzeitig aktiviert. Während die ersten drei Konditionen teils die erwarteten, teils auch spannende neue Ergebnisse lieferten, überrascht das Ergebnis der vierten Kondition. Um den Effekt der einzelnen Ebenen für emotionales Alignment genauer zu untersuchen, sollten diese in einer Studie getrennt voneinander untersucht werden. In diesem Zuge könnten und sollten auch die einbezogenen Kontextfaktoren variiert werden. In der durchgeführten Studie wurde der Kontext der Situation in die Interaktion integriert, indem eine eingeweihte Person die Interaktion gestört hat. Es ist aber auch denkbar, dass der Roboter auf andere Ereignisse reagiert, wie zum Beispiel ein Telefon, das plötzlich klingelt oder das Licht, das plötzlich ausgeht.

Da die Studie einen weitestgehend explorativen Charakter hatte, sollten einzelne Erkenntnisse, wie die Anzahl der Spiele oder auch die Anzahl der gewonnenen Spiele, in einzelnen Studien gezielt untersucht werden.


Die Art der Interaktion mit dem Roboter kann auch variiert und abhängig vom Szenario optimiert werden. Während der Studie konnten die Probanden dem Roboter nur über ein grafisches Interface Fragen stellen oder auf seine Fragen antworten. Aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten beim Fragen nach den Eigenschaften des Gegenspielers war dies nicht anders möglich. Andernfalls hätte man die Teilnehmer zuvor einweisen müssen, so hätte die Interaktion noch mehr an Natürlichkeit eingeübt. Wenn aber das

Szenario geändert wird, wäre gegebenenfalls auch eine sprachliche Interaktion mit dem Roboter möglich. Das würde verhindern, dass die Probanden in einen Monitor schauen müssen und dadurch abgelenkt werden. Im Abschnitt 6 wurde der Roboter Flobi als Plattform für die Evaluation motiviert. Gerade weil die Evaluation mit einem Roboter gemacht wurde, ist es sehr interessant, die Studie mit einem virtuellen Agenten zu replizieren. Da es von Flobi eine virtuelle Version gibt, lässt sich in einer Studie, ohne viel Aufwand der Effekt eines echten Roboters testen.

Wenn ein System entwickelt und evaluiert wird, hat man im Anschluss Informationen, wie es in einem spezifischen Kulturkreis und mit einer Plattform funktioniert. Da schliesst sich unmittelbar die Frage an, welchen Einfluss haben die äußeren Bedingungen. Dazu gehören die Teilnehmer, der Kulturkreis und auch der Ort an dem die Studie durchgeführt wurde. Damit das System weiterentwickelt und in andere Systeme integriert werden kann, muss es möglichst unabhängig von anderen Komponenten und möglichst transparent sein. Dafür sind Anpassungen in der Implementation notwendig. Gerade die eingesetzten Erkennen und auch die Middleware sollten frei verfügbar sein oder gegen aktuellere ersetzt werden. Des Weiteren sollte die Implementation universeller werden, also nicht mehr so abhängig von der eingesetzten Dialog-Implementation sein. Im Moment gibt es noch einen intensiven Informationsaustausch zwischen diesen Komponenten. Um hier den Grad der Unabhängigkeit zu steigern, müssen noch eindeutige Schnittstellen definiert werden.

Insgesamt zeigt die Evaluation des vorgestellten Systems bereits dessen Nutzbarkeit und vor allem den durchaus positiven Effekt auf den Verlauf einer Interaktion.

8 Anhang



SFB 673
Alignment in Communication



Universität Bielefeld | Postfach 10 01 31 | 33501 Bielefeld

SFB 673 C2
Communicating Emotions

Emotionales Alignment in der Mensch-Roboter Interaktion

Kontakt:
Oliver Damm
CITEC 1.228
0521-106-12207
odamm@techfak.uni-bielefeld.de

Einverständniserklärung für Probanden

Beschreibung der Studie:

Liebe Teilnehmerin

Lieber Teilnehmer,

die Studie, an der Sie teilnehmen, befasst sich mit der natürlichen Interaktion mit sozialen Robotern. Die Untersuchung besteht aus zwei Teilen. Zunächst spielen Sie mit dem Roboter Flobi mindestens drei Runden „Wer ist es?“. Die Regeln des Spiels werden Ihnen vor dem Start vom Roboter erklärt. Die Interaktion wird mit zwei Videokameras aufgezeichnet.

Im zweiten Teil der Untersuchung bitten wir Sie eine Reihe von Fragebögen auszufüllen. Die gesamte Studie dauert etwa 30 Minuten.

Selbstverständlich bleiben ihre Daten anonym und werden vertraulich behandelt.

Mit freundlichen Grüßen

** falls unzutreffend bitte streichen*

Universität Bielefeld
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld

Öffentliche Verkehrsmittel:
Stadtbahnlinie 4 Richtung
Lohmannshof

Bankverbindung:
WestLB AG, Düsseldorf
BLZ: 300 500 00, Konto: 61 036

Umsatzsteuer-Nr.:
305/5879/0433
Finanzamt Bielefeld Innenstadt

[→ www.uni-bielefeld.de](http://www.uni-bielefeld.de)

Oliver Damm

Seite 2

Studienteilnehmer:

Name, Vorname:

Straße:

PLZ, Ort

- 1) Ich wurde über den Inhalt und die Vorgehensweise der Studie in verständlicher Form aufgeklärt. Darüber hinaus habe ich eine Kopie der Probandeninformationen erhalten. Meine Fragen wurden ausreichend und verständlich beantwortet.
- 2) Die studienbezogenen Daten werden elektronisch in der AG Angewandte Information an der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld gespeichert und analysiert. Alle Daten werden ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet und ohne mein Einverständnis nicht an Dritte weitergegeben.
- 3) Ich bin damit einverstanden, dass man mich in Zukunft zu sprachwissenschaftlichen Studien der Universität Bielefeld einladen kann. Zu diesem Zweck werden meine Kontaktdaten in codierter Form gespeichert. Ich kann jederzeit die Löschung meiner Kontaktdaten beantragen
- 4) Ich erkläre mich damit einverstanden, dass Ausschnitte aus meinen Video- und Audio-Daten zu Forschungszwecken genutzt werden.*
- 5) Die Teilnahme an dieser Studie und die Einwilligung in die oben beschriebene Nutzung meiner Daten sind freiwillig. Ich kann meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen mit Wirkung für die Zukunft widerrufen. Durch eine Verweigerung oder einen Widerruf der Einwilligung entstehen mir keine Nachteile.

Ort, Datum Unterschrift der Versuchsperson

Ich _____ (Untersucher) bestätige, dass der Versuchsperson alle Details der Untersuchung ausreichend erklärt und absehbare Risiken und Vorteile (falls zutreffend) dargelegt wurden.

Ort, Datum Unterschrift der/s Untersuchenden

** falls unzutreffend bitte streichen*

SAARBRÜCKER PERSÖNLICHKEITS- FRAGEBOGEN (SPF)

Based on the Interpersonal Reactivity Index (IRI)

V 5.8

© [Dr. Christoph Paulus](#), Univ. Saarbrücken, 2012

Sie werden jetzt eine Reihe von Aussagen lesen, die jeweils bestimmte (verallgemeinerte) menschliche Eigenschaften oder Reaktionen beschreiben, die alle etwas mit Gefühlen zu tun haben. Bitte kennzeichnen Sie dann auf der 5-Punkte-Skala, inwieweit diese Aussage auf Sie zutrifft; je höher die Zahl, desto höher die Zustimmung. Vielleicht fällt Ihnen auch zu der einen oder anderen allgemeinen Beschreibung ein konkretes Erlebnis ein.

Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte markieren Sie Ihre Antwort durch einen Kreis um die Zahl (je größer die Zahl 1-5, desto höher ist Ihre Zustimmung). Falls Sie eine Änderung vornehmen wollen, so kreuzen Sie die nicht gewünschte Antwort durch und markieren die gewünschte Antwort erneut mit einem Kreis

Ein Beispiel:

| Inwieweit trifft die Aussage auf Sie zu? | trifft gar nicht zutrifft sehr gut zu | | | | |
|--|---|------------------|-------|-------|--------|
| | 1 (-) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| Ich esse gerne Spaghetti | 1 (-) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| Ich gehe gerne ins Kino | 1 (-) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| Ich trinke gerne Bier | 1 (-) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |

Irrtum

richtig

Wir danken Ihnen bereits jetzt für Ihre Mitarbeit und Ihre ehrliche Beantwortung der Fragen.
Bitte beginnen Sie nun

| 3. Buchstabe des Vornamens des Vaters | 2. Buchstabe des Vornamens der Mutter | 1. Buchstabe des Mädchennamens der Mutter | 3. Buchstabe des eigenen Geburtsortes | Eigener Geburtsmonat als Zahl (Z.B. 01 für Jan., 05 für Mai) |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

| Geschlecht: <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich | | Alter: _____ Jahre | | | | |
|--|---|--|-------|-------|-------|--------|
| V 5.8 | | trifft gar nicht zutrifft sehr gut zu | | | | |
| e | 1. Ich empfinde warmherzige Gefühle für Leute, denen es weniger gut geht als mir. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| f | 2. Die Gefühle einer Person in einem Roman kann ich mir sehr gut vorstellen. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| d | 3. In Notfallsituationen fühle ich mich ängstlich und unbehaglich. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| p | 4. Ich versuche, bei einem Streit zuerst beide Seiten zu verstehen, bevor ich eine Entscheidung treffe. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| e | 5. Wenn ich sehe, wie jemand ausgenutzt wird, glaube ich, ihn schützen zu müssen. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| d | 6. Ich fühle mich hilflos, wenn ich inmitten einer sehr emotionsgeladenen Situation bin. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| f | 7. Nachdem ich einen Film gesehen habe, fühle ich mich so, als ob ich eine der Personen aus diesem Film sei. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| d | 8. In einer gespannten emotionalen Situation zu sein, beängstigt mich. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| e | 9. Mich berühren Dinge sehr, auch wenn ich sie nur beobachte. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| p | 10. Ich glaube, jedes Problem hat zwei Seiten und versuche deshalb beide zu berücksichtigen. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| e | 11. Ich würde mich selbst als eine ziemlich weichherzige Person bezeichnen. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| f | 12. Wenn ich einen guten Film sehe, kann ich mich sehr leicht in die Hauptperson hineinversetzen. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| d | 13. In heiklen Situationen neige ich dazu, die Kontrolle über mich zu verlieren. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| p | 14. Wenn mir das Verhalten eines anderen komisch vorkommt, versuche ich mich für eine Weile in seine Lage zu versetzen. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| f | 15. Wenn ich eine interessante Geschichte oder ein gutes Buch lese, versuche ich mir vorzustellen, wie ich mich fühlen würde, wenn mir die Ereignisse passieren würden. | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |
| p | 16. Bevor ich jemanden kritisiere, versuche ich mir vorzustellen, wie die Sache aus seiner Sicht aussieht | 1 (- -) | 2 (-) | 3 (o) | 4 (+) | 5 (++) |

TAS-20

Bitte kreuzen Sie an, inwieweit die folgenden 20 Aussagen auf Sie zutreffen. Sie können den Grad Ihrer Zustimmung oder Ablehnung anhand einer 5-Punkte-Skala einschätzen:

- 1 = trifft überhaupt nicht zu**
2 = trifft selten zu
3 = trifft teilweise zu, teilweise auch nicht
4 = trifft oft zu
5 = trifft immer zu

| | Trifft überhaupt nicht zu | Trifft selten zu | Trifft teilweise zu, teilweise auch nicht | Trifft oft zu | Trifft immer zu |
|---|---------------------------|------------------|---|---------------|-----------------|
| Mir ist oft unklar, welche Gefühle ich gerade habe. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Es fällt mir schwer, die richtigen Worte für meine Gefühle zu finden. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich habe körperliche Empfindungen, die sogar die Ärzte nicht verstehen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Es fällt mir leicht, meine Gefühle zu beschreiben. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich gehe Problemen lieber auf den Grund, als sie nur zu beschreiben. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Wenn mich etwas aus der Fassung gebracht hat, weiß ich oft nicht, ob ich traurig, ängstlich oder wütend bin. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich bin oft über Vorgänge in meinem Körper verwirrt. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich lasse die Dinge lieber einfach geschehen und versuch nicht herauszufinden, warum sie gerade so passiert sind. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Einige meiner Gefühle kann ich gar nicht richtig benennen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sich mit Gefühlen zu beschäftigen finde ich sehr wichtig. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich finde es schwierig zu beschreiben, was ich für andere Menschen empfinde. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Andere fordern mich auf, meine Gefühle mehr zu beschreiben. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| | Trifft überhaupt nicht zu | Trifft selten zu | Trifft teilweise zu, teilweise auch nicht | Trifft oft zu | Trifft immer zu |
|--|---------------------------------|---------------------|--|---------------|--------------------|
| Ich weiß nicht, was in mir vorgeht. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich weiß oft nicht, warum ich wütend bin. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich unterhalte mich mit anderen nicht so gerne über ihre Gefühle, sondern lieber darüber, womit sie sich täglich beschäftigen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich sehe mir lieber "leichte" Unterhaltungssendungen als psychologische Problemfilme an. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Es fällt mir schwer, selbst engen Freunden gegenüber meine innersten Gefühle mitzuteilen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich kann mich jemandem sogar in Augenblicken des Schweigens sehr nahe fühlen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ich finde, dass das Mir-Klarwerden über meine persönlichen Gefühle wichtig ist, wenn ich persönliche Probleme lösen muss. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Durch die Suche nach verborgenen Bedeutungen nimmt man sich das Vergnügen an Filmen oder Theaterstücken. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Fragebogen zur Wahrnehmung von Robotern

Wir bitten Sie, Ihre Antworten auf verschiedene Fragen und Aussagen abzugeben, indem Sie ein Kreuz über den Kreis der jeweiligen Skala setzen, der Ihrer Meinung am ehesten entspricht. Dabei stehen Ihnen fünf Antwortabstufungen zur Verfügung.

Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Alle Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt. Zudem werden Sie gebeten, einige offene Fragen zu beantworten.

Bitte achten Sie darauf, den Fragebogen komplett auszufüllen und keine Frage auszulassen. Antworten Sie bitte möglichst spontan.

Und nun würden wir gerne wissen, wie viel Erfahrung Sie bereits mit Robotern haben.

| | überhaupt keine Erfahrung | | | sehr viel Erfahrung | |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Wieviel Erfahrung haben Sie im Umgang mit Robotern? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Wieviel Erfahrung haben Sie mit dem Roboter „Flöbi“? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Haben Sie sich vor dieser Studie über Roboter informiert?

Ja () Nein ()

Nennen Sie bitte (wenn möglich) ein paar Namen von Robotern, von denen Sie bereits etwas gehört haben:

Nun bitten wir Sie ein paar Fragen zur Einstellung gegenüber Robotern zu beantworten. Sie können sich auf einer 5-stufigen Skala entscheiden von „stimme gar nicht zu“ bis zu „stimme absolut zu“. Bitte lassen Sie keine Frage aus und entscheiden sich möglichst spontan.

| | Stimme gar nicht zu | | | Stimme absolut zu | |
|---|------------------------|---|---|----------------------|---|
| Ich würde mich unwohl fühlen, wenn Roboter tatsächlich Emotionen besäßen. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Es könnte etwas Schlimmes passieren, wenn sich Roboter zu Lebewesen entwickeln würden. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich wäre entspannt, wenn ich mit einem Roboter spräche. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich würde mich unwohl fühlen, wenn ich auf der Arbeit mit Robotern zu tun hätte. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wenn Roboter Emotionen besäßen, könnte ich mich mit ihnen anfreunden. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich wäre in der Gegenwart von Robotern, die Emotionen besitzen, beruhigt. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Das Wort „Roboter“ hat keine Bedeutung für mich. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich wäre nervös, wenn ich vor anderen Leuten einen Roboter bedienen müsste. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich verabscheue die Vorstellung, dass Roboter oder künstliche Intelligenzen sich Urteile über Dinge bilden könnten. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vor einem Roboter zu stehen, würde mich nervös machen. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich glaube, dass etwas Schlimmes passiert, wenn ich zu sehr von Robotern abhängig wäre. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich würde mich irritiert fühlen, wenn ich mit einem Roboter sprechen würde. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich mache mir Sorgen, dass Roboter einen schlechten Einfluss auf Kinder haben könnten. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ich glaube, dass die Gesellschaft in Zukunft von Robotern beherrscht wird. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Hier sehen Sie ein Bild von dem Roboter „Flobi“, den Sie soeben gesehen haben. Bitte bewerten Sie diesen anhand der folgenden Skalen.

Emotionen

Bitte bewerten Sie Ihren Eindruck von dem Roboter auf diesen Skalen

| | | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|---|-------------------------------|
| Zeigte angemessene Emotion | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Zeigte unangemessene Emotion |
| Wenig Emotion ausgedrückt | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Sehr viel Emotion ausgedrückt |
| Negative Emotion | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Positive Emotion |

Anthropomorphismus

Bitte bewerten Sie Ihren Eindruck von dem Roboter auf diesen Skalen

| | | | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|---|---------------------|
| Unecht | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Natürlich |
| Maschinenähnlich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Menschenähnlich |
| hat kein Bewusstsein | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | hat ein Bewusstsein |
| Künstlich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | naturgetreu |
| starre Bewegungen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | elegante Bewegungen |

Belebtheit

Bitte bewerten Sie Ihren Eindruck von dem Roboter auf diesen Skalen

| | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|-------------|
| Tot | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Lebend |
| Träge | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Lebhaft |
| Mechanisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | organisch |
| Künstlich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | naturgetreu |
| Untätig | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | interaktiv |
| Teilnahmslos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | reagierend |

Liebenswürdigkeit

Bitte bewerten Sie Ihren Eindruck von dem Roboter auf diesen Skalen

| | | | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|---|----------------|
| Unfreundlich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | freundlich |
| Unhöflich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Höflich |
| Unangenehm | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | angenehm |
| Unsympathisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | sympathisch |
| mag ich nicht leiden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | mag ich leiden |

Empfundene Intelligenz

Bitte bewerten Sie Ihren Eindruck von dem Roboter auf diesen Skalen

| | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|--------------------|
| Unwissend | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | viel wissend |
| Verantwortungslos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | verantwortungsvoll |
| Unintelligent | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | intelligent |
| Unvernünftig | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | vernünftig |

Aussehen

Bitte bewerten Sie Ihren Eindruck von dem Roboter auf diesen Skalen

| | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---------------------|
| Häßlich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | formschön |
| nicht niedlich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | niedlich |
| undurchdachtes Design | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | durchdachtes Design |
| Mechanisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | menschlich |
| Abstrakt | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | konkret |

Empfundene SicherheitBitte bewerten Sie **Ihren** emotionalen Zustand auf diesen Skalen

| | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|---|------------|
| Ängstlich | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | entspannt |
| Aufgeregt | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | gelassen |
| Unbeeindruckt | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | überrascht |



| Inwiefern ist der Roboter Ihrer Meinung nach fähig, die folgenden Aufgaben durchzuführen? | trifft gar nicht zu | | | | | trifft voll zu | | | | |
|---|---------------------|-----|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|-----|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Reinigungsarbeiten (z.B. Haus putzen)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Gartenarbeiten (z.B. Rasenmähen)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Arbeiten in entlegenen Gegenden (Arktis, Tiefsee, Weltraum)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Reparatur technischer Geräte (z.B. Computer)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Einkaufen / Shopping Service... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Botendienste (z.B. Post aufgeben, Zeitung holen)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Fließbandarbeiten in der Fabrik... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Butler im Haus... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Haushaltsplanung (Organisation / Verteilung von Aufgaben)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Wachdienst (z.B. in öffentlichen Gebäuden)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Waren transportieren (z.B. Möbel packen)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Ticketverkauf am Bahnschalter... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Buchführung... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Companion Service (ständige Begleitung)... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Handwerkliche Aufgaben... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Krankenpfleger / Altenpfleger... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Soziales Spielen mit Kindern im Kindergarten... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Schachspieler... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Grundschullehrer... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Schauspieler am Theater... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Abfall beseitigen... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Abfluss... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Mienensucher... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Müllaufsammelmaschine... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Seelischer Beistand... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |



Wie verhält sich der Roboter in der Interaktion bzw. Zusammenarbeit mit Ihnen?

| | | | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------|
| schnelle Reaktion | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | langsame Reaktion |
| zeitraubend | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | zeitsparend |
| stockend | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | flüssig |
| strukturiert | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | unstrukturiert |
| unverständlich | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | verständlich |
| lernt leicht | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | lernt schwer |
| kompliziert | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | einfach |
| nachvollziehbar | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | verwirrend |
| unberechenbar | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | voraussagbar |
| behindernd | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | unterstützend |
| intentional | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | nicht intentional |
| erwartungskonform | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | nicht erwartungskonform |
| nicht interessiert | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | interessiert |
| passiv | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | interaktiv |
| engagiert | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | unengagiert |
| fehlerfrei | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | fehlerhaft |

Wie beurteilen Sie das Design des Roboters

| | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|
| wertvoll | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | minderwertig |
| langweilig | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | spannend |
| uninteressant | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | interessant |
| aktivierend | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | einschläfernd |
| kreativ | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | phantasielos |
| originell | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | konventionell |
| konservativ | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | innovativ |
| unerfreulich | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | erfreulich |
| gut | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | schlecht |
| abstoßend | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | anziehend |
| unangenehm | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | angenehm |
| schön | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | hässlich |
| sympathisch | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | unsympathisch |
| herkömmlich | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | neuartig |



| Wie schätzen Sie weiter Aussehen und Bedienung des Roboters ein? | trifft gar nicht zu | | | | | trifft voll zu | | | | |
|--|---------------------|-----|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|-----|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Der Roboter sieht niedlich aus... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Das Design ist formvollendet... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Der Roboter sieht menschenähnlich aus... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Der Roboter sieht mechanisch aus... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Der Roboter wurde liebevoll gestaltet... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| In das Design wurde viel Zeit investiert... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Das Design erscheint langlebig... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Das Design ist innovativ... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Ich würde diesen Roboter gerne besitzen... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Der Roboter löst ein Unbehagen in mir aus... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Ich würde den Roboter zu Hause einsetzen... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Die Bedienung ist leicht zu lernen... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |
| Die Wartung des Roboters ist aufwendig... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | | | | |

Wie beurteilen Sie, wie sehr folgende Eigenschaften auf den Roboter zutreffen?

| | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| kompetent... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| freundlich... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| selbstbewusst... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| warmherzig... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| leistungsfähig... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| gutmütig... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| geschickt... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| ehrlich... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |

Welechtes Geschlecht hat das Aussehen des Roboters

| | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|
| eher weiblich | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | eher männlich |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|



Bitte schätzen Sie spontan ein, in welchem Ausmaß der Roboter die folgenden Emotionen empfinden kann?

| | trifft gar nicht zu | | | | | trifft voll zu |
|------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|----------------|
| Aufregung... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Angst... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Bewunderung... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Bitterkeit... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Freude... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Furcht... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Glück... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Hoffnung... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Leidenschaft... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Liebe... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Rührung... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Schadenfreude... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Scham... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Schmerz... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Schuld... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Trauer... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Überraschung... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Verachtung... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Vergnügen... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |
| Wut... | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | |



Denken Sie, dass der Roboter auf der Abbildung Ihnen persönlich eher unähnlich oder eher ähnlich ist?

eher unähnlich (1) (2) (3) (4) (5) eher ähnlich

Wie nah fühlen Sie sich dem Roboter auf der Abbildung?

gar nicht nah (1) (2) (3) (4) (5) sehr nah

Wie sehr fühlen Sie sich mit dem Roboter auf der Abbildung verbunden?

gar nicht verbunden (1) (2) (3) (4) (5) sehr verbunden

Wie gerne würden Sie mit dem Roboter auf der Abbildung einmal persönlich reden?

gar nicht (1) (2) (3) (4) (5) sehr gerne

Denken Sie, dass Sie und der Roboter auf der Abbildung viele Gemeinsamkeiten haben?

gar keine (1) (2) (3) (4) (5) sehr viele

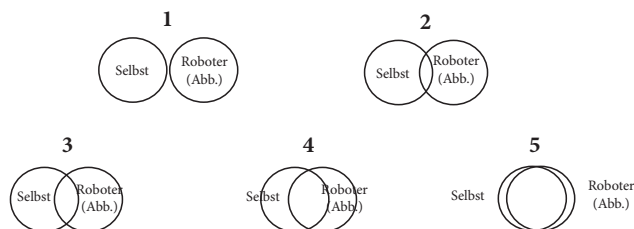
Würden Sie sagen, dass Sie und der Roboter auf der Abbildung auf einer Wellenlänge liegen?

gar nicht (1) (2) (3) (4) (5) sehr

Würden Sie gerne mit dem Roboter auf der Abbildung zusammenleben?

gar nicht (1) (2) (3) (4) (5) sehr

Bitte kreuzen Sie an, welcher der Kreise von 1 bis 7 am ehesten Ihrer Beziehung zum Roboter auf der Abbildung entspricht!



(1) (2) (3) (4) (5)



trifft gar nicht zu

trifft voll zu

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Wie sehr ist der Roboter in der Lage, moralisch zu handeln? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie gut versteht der Roboter, wie andere Menschen sich fühlen? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie stark ist der Roboter in der Lage, sich zu fürchten? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie stark ist der Roboter in der Lage, sich hungrig zu fühlen? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie stark ist der Roboter in der Lage, Freude zu empfinden? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie gut ist der Roboter in der Lage, sich an Ereignisse zu erinnern? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie stark ist der Roboter in der Lage, Schmerz zu empfinden? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie gut ist der Roboter in der Lage, Pläne zu machen? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie stark ist Roboter in der Lage, heftigen Zorn zu empfinden? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| Wie fähig ist der Roboter, Selbstbeherrschung gegenüber Wünschen zu bewahren? | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |

.....

Vielen Dank für die Teilnahme!

8.1 SCXML-Datei der Evaluation

Listing 8.1: Komplette SCXML-Datei aus der Evaluation des Modells für emotionales Aligment

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <scxml xmlns="http://www.w3.org/2005/07/scxml"
3   version="1.0"
4   initialstate="whoiamparallel">
5
6   <datamodel>
7     <data name="GameData">
8       <varlist name="roundinfo" xmlns="">
9         <var name="round" value="0"/>
10        <var name="name" value=""/>
11        <var name="userwins" value="0"/>
12        <var name="flobiwins" value="0"/>
13        <var name="countQuestionsFlobi" value="0"/>
14        <var name="countQuestionsUser" value="0"/>
15        <var name="attribute" value=""/>
16        <var name="feature" value=""/>
17        <var name="answer" value="correct"/>
18        <var name="countCardsFlobi" value="24"/>
19        <var name="countCardsUser" value="24"/>
20      </varlist>
21    </data>
22  </datamodel>
23 <parallel id="whoiamparallel">
24   <state id="whoiam">
25     <initial>
26       <transition target="Setup"/>
27     </initial>
28   <state id="Setup">
29     <initial>
30       <transition target="GameSetup"/>
31     </initial>
32   <state id="GameSetup">
33
34     <transition target="Greeting"/>
35   </state>
36   <state id="Greeting">
37     <transition event="InDialog" target="Game.WaitGreet"/>
38   </state>
39   <state id="Game.WaitGreet">
40     <transition target="Rules"/>
41   </state>
42   <state id="Rules">
43     <transition target="ExplainRules" cond="Data(GameData, 'varlist/var[&@name=&
44       quot;round&quot;]/@value').intValue()==0"/>
45   </state>
46   <state id="ExplainRules">

```



```

46     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:DialogTask">
47         <param name="type" expr="'whoiam.rules'"/>
48         <param name="reply" expr="''"/>
49         <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/>
50     </invoke>
51     <transition event="ExplainRules.invoke.done" target="DrawCard1"/>
52     <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
        ExplainRulesWait"/>
53 </state>
54 <state id="ExplainRulesWait">
55     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
        ExplainRules"/>
56 </state>
57 <state id="DrawCard1">
58     <onentry>
59         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
        countQuestionsFlobi&quot;]/@value')" expr="0"/>
60         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
        countQuestionsUser&quot;]/@value')" expr="0"/>
61         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
        countCardsFlobi&quot;]/@value')" expr="24"/>
62         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
        countCardsUser&quot;]/@value')" expr="24"/>
63         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;round&quot;
        ;]/@value')" expr="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;round&quot;
        ;]/@value').intValue()+1"/>
64         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;userwins&
        quot;]/@value')" expr="0"/>
65         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;flobiwins&
        quot;]/@value')" expr="0"/>
66     </onentry>
67
68     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:DialogTask
        ">
69         <param name="type" expr="'whoiam.drawCard'"/>
70         <param name="reply" expr="''"/>
71         <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/
        >
72     </invoke>
73     <transition event="DrawCard1.invoke.done" target="WhoStarts"/>
74     <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
        DrawCard1Wait"/>
75 </state>
76 <state id="DrawCard1Wait">
77     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
        DrawCard1"/>
78 </state>
79 <state id="WhoStarts">
80     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:DialogTask">
81         <param name="type" expr="'whoiam.whoStarts'"/>
82         <param name="reply" expr="''"/>
83         <param name="timestamps.initiated" expr="System.
            currentTimeMillis()"/>

```

```

84     </invoke>
85     <transition event="WhoStarts.invoke.done" cond="_eventdata['reply'] eq '
      flobiStarts'" target="FlobiTurn"/>
86     <transition event="WhoStarts.invoke.done" target="HumanTurn"/>
87     <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
      WhoStartsWait"/>
88 </state>
89     <state id="WhoStartsWait">
90         <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
          WhoStarts"/>
91     </state>
92 </state>
93
94 <state id="FlobiTurn">
95     <initial>
96         <transition target="FlobiChooseQuestion"/>
97     </initial>
98     <state id="FlobiChooseQuestion">
99         <onentry>
100             <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
              countQuestionsFlobi&quot;]'/@value'" expr="Data(GameData,'
              varlist/var[@name=&quot;countQuestionsFlobi&quot;]'/@value')
              intValue()+1"/>
101         </onentry>
102         <transition target="FlobiChooseQuestionAndSay"/>
103     </state>
104 </state>
105     <state id="FlobiChooseQuestionAndSay">
106         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:DialogTask
          ">
107             <param name="type" expr="','whoiam.flobiQuestion'"/>
108             <param name="reply" expr="','"/>
109             <param name="flobiCount" expr="','"/>
110             <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/
              >
111         </invoke>
112
113         <transition event="FlobiChooseQuestionAndSay.invoke.done" cond="
          _eventdata['reply'] == 'correct'" target="
          FlobiPositivAnswerEmotionalImpulse" />
114         <transition event="FlobiChooseQuestionAndSay.invoke.done" target="
          FlobiFalseAnswer" />
115         <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
          FlobiWaitQuestion"/>
116     </state>
117
118
119
120     <state id="FlobiPositivAnswerEmotionalImpulse">
121         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:EmotionalImpulse:
          EmotionalImpulse">
122             <param name="impulse" expr="'+0.3'"/>
123         </invoke>

```

```

124         <transition cond="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
           countQuestionsFlobi&quot;]/@value').intValue() > '2'" target="
           FlobiCorrectAnswer" />
125     <transition target="FlobiTurn"/>
126 </state>
127
128
129
130 <!--event="tick"-->
131 <state id="FlobiCorrectAnswer">
132     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:DialogTask
           ">
133         <param name="type" expr="'whoiam.flobiKnowPerson'"/>
134         <param name="reply" expr="''"/>
135         <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/
           >
136     </invoke>
137
138     <transition event="FlobiCorrectAnswer.invoke.done" cond="_eventdata['
           reply'] == 'correct'" target="FlobiKnowPerson"/>
139     <transition event="FlobiCorrectAnswer.invoke.done" target="HumanTurn" />
140     <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
           FlobiWaitCorrectAnswer"/>
141 </state>
142
143 <state id="FlobiFalseAnswer">
144     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:EmotionalImpulse:
           EmotionalImpulse">
145         <param name="impulse" expr="'-0.3'"/>
146     </invoke>
147     <transition target="HumanTurn"/>
148 </state>
149 <state id="FlobiKnowPerson">
150
151     <onentry>
152         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;flobiwins
           &quot;]/@value')" expr="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
           flobiwins&quot;]/@value').intValue()+1"/>
153     </onentry>
154     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:EmotionalImpulse:
           EmotionalImpulse">
155         <param name="impulse" expr="'+0.3'"/>
156     </invoke>
157     <transition target="Finish.PresentWinner"/>
158 </state>
159 <state id="FlobiWaitQuestion">
160     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
           FlobiChooseQuestion"/>
161 </state>
162 <state id="FlobiWaitCorrectAnswer">
163     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
           FlobiWaitCorrectAnswer"/>
164 </state>

```

```

165     <state id="HumanTurn">
166         <initial>
167             <transition target="HumanChooseQuestion"/>
168         </initial>
169         <state id="HumanChooseQuestion">
170             <onentry>
171                 <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
                    countQuestionsUser&quot;]/@value')" expr="Data(GameData,'
                    varlist/var[@name=&quot;countQuestionsUser&quot;]/@value').
                    intValue()+1"/>
172             </onentry>
173             <transition target="HumanChooseQuestion1"/>
174         </state>
175     </state>
176     <state id="HumanChooseQuestion1">
177         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:
                    DialogTask">
178             <param name="type" expr="'whoiam.userChooseQuestion'"/>
179             <param name="reply" expr="''"/>
180             <param name="timestamps.initiated" expr="System.
                    currentTimeMillis()"/>
181         </invoke>
182         <transition event="notContinue" target="NotContinueChooser"/>
183         <transition event="strategic" target="HumanWaitForAnswer"/>
184         <transition event="interrupt" cond="IN('WaitSecondPerson')" target="
                    HumanChooseQuestionWait"/>
185     </state>
186     <state id="NotContinueChooser">
187         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:DialogTask
                    ">
188             <param name="type" expr="'whoiam.notcontinueChooser'"/>
189             <param name="reply" expr="''"/>
190             <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/
                    >
191         </invoke>
192         <transition event="NotContinueChooser.invoke.done" cond="_eventdata['
                    reply'] eq 'confirm_yes'" target="HumanWaitForAnswer"/>
193         <transition event="NotContinueChooser.invoke.done" target="HumanTurn"/>
194         <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
                    NotContinueChooserWait"/>
195     </state>
196     <state id="NotContinueChooserWait">
197         <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
                    NotContinueChooser"/>
198     </state>
199     <state id="HumanWaitForAnswer">
200         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:
                    DialogTask">
201             <param name="type" expr="'whoiam.userQuestion'"/>
202             <param name="reply" expr="''"/>
203             <param name="timestamps.initiated" expr="System.
                    currentTimeMillis()"/>
204         </invoke>

```

```

205     <transition event="HumanWaitForAnswer.invoke.done" cond="_eventdata['
206         reply'] eq 'confirm_yes'" target="HumanPositivAnswerEmotionalImpulse
           " />
207     <transition event="HumanWaitForAnswer.invoke.done" cond="_eventdata['
           reply'] eq 'confirm_no'" target="HumanFalseAnswer"/>
208     <transition event="interrupt" cond="IN('WaitSecondPerson')" target="
           HumanWaitForAnswerWait"/>
209 </state>
210 <state id="HumanPositivAnswerEmotionalImpulse">
211     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:EmotionalImpulse:
           EmotionalImpulse">
212         <param name="impulse" expr="'-0.3'"/>
213     </invoke>
214     <transition target="HumanChooseToSolve"/>
215 </state>
216 <state id="HumanChooseToSolve">
217     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:
           DialogTask">
218         <param name="type" expr="'whoiam.userChooseToSolve'"/>
219         <param name="reply" expr="''"/>
220         <param name="timestamps.initiated" expr="System.
           currentTimeMillis()"/>
221     </invoke>
222
223     <transition event="HumanChooseToSolve.invoke.done" cond="_eventdata['
           reply'] eq 'confirm_yes'" target="HumanChoosePerson"/>
224     <transition event="HumanChooseToSolve.invoke.done" target="HumanTurn"
           />
225     <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
           HumanChooseToSolveWait"/>
226 </state>
227
228
229 <state id="HumanChoosePerson">
230     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:
           DialogTask">
231         <param name="type" expr="'whoiam.userChoosePerson'"/>
232         <param name="reply" expr="''"/>
233         <param name="timestamps.initiated" expr="System.
           currentTimeMillis()"/>
234     </invoke>
235
236     <transition event="HumanChoosePerson.invoke.done" target="
           HumanCorrectAnswer"/>
237     <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
           HumanChoosePersonWait"/>
238     <!--transition event="HumanChoosePerson.invoke.done" cond="_eventdata
           ['reply'] eq 'confirm_no'" target="HumanChooseQuestion"/-->
239 </state>
240
241 <state id="HumanCorrectAnswer">

```

```

242     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:
243         DialogTask">
244         <param name="type" expr="'whoiam.humanKnowPerson'"/>
245         <param name="reply" expr="''"/>
246         <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/
247         >
248     </invoke>
249
250     <transition event="HumanCorrectAnswer.invoke.done" cond="_eventdata['
251         reply'] eq 'confirm_yes'" target="HumanKnowPerson" />
252     <transition target="HumanFalseAnswer" event="HumanCorrectAnswer.invoke.
253         done" />
254     <transition event="interrupt" cond="In('WaitSecondPerson')" target="
255         HumanCorrectAnswerWait"/>
256 </state>
257 <state id="HumanFalseAnswer">
258     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:EmotionalImpulse:
259         EmotionalImpulse">
260         <param name="impulse" expr="' +0.3'"/>
261     </invoke>
262     <transition target="FlobiTurn"/>
263 </state>
264 <state id="HumanKnowPerson">
265     <onentry>
266         <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;userwins&
267             quot;]/@value')" expr="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
268                 userwins&quot;]/@value').intValue()+1"/>
269     </onentry>
270     <invoke targettype="task" src="ShortTerm:EmotionalImpulse:
271         EmotionalImpulse">
272         <param name="impulse" expr="' -0.3'"/>
273     </invoke>
274     <transition target="Finish.PresentWinner"/>
275 </state>
276 <state id="HumanWaitForAnswerWait">
277     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
278         HumanWaitForAnswerWait"/>
279 </state>
280 <state id="HumanCorrectAnswerWait">
281     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
282         HumanCorrectAnswer"/>
283 </state>
284 <state id="HumanChoosePersonWait">
285     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
286         HumanChoosePerson"/>
287 </state>
288 <state id="HumanChooseQuestionWait">
289     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
290         HumanChooseQuestion"/>
291 </state>
292 <state id="HumanChooseToSolveWait">
293     <transition event="interruptdone" cond="In('FlobiSeeTwoPerson')" target="
294         HumanChooseToSolve"/>

```

```

281     </state>
282 <!--/state-->
283
284 <state id="Finish">
285     <initial>
286         <transition target="Finish.PresentWinner"/>
287     </initial>
288     <state id="Finish.PresentWinner">
289         <transition target="FlobiWinner" cond="Data(GameData,'varlist/var[@name=&
290             quot;flobiwins&quot;]/@value') eq '1' "/>
291         <transition target="HumanWinner" cond="Data(GameData,'varlist/var[@name=&
292             quot;userwins&quot;]/@value') eq '1'"/>
293     </state>
294     <state id="FlobiWinner">
295         <onentry>
296             <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;flobiwins&
297                 quot;]/@value')" expr="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
298                 flobiwins&quot;]/@value').intValue()+1"/>
299         </onentry>
300         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask">
301             <param name="type" expr="'whoiam.flobiWin'"/>
302             <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/>
303         </invoke>
304         <transition event="FlobiWinner.invoke.done" target="FlobiSayPerson"/>
305     </state>
306     <state id="HumanWinner">
307         <onentry>
308             <assign location="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;userwins&
309                 quot;]/@value')" expr="Data(GameData,'varlist/var[@name=&quot;
310                 userwins&quot;]/@value').intValue()+1"/>
311         </onentry>
312         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask">
313             <param name="type" expr="'whoiam.playerWin'"/>
314             <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/>
315         </invoke>
316         <transition event="HumanWinner.invoke.done" target="FlobiSayPerson"/>
317     </state>
318     <state id="FlobiSayPerson">
319         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask">
320             <param name="type" expr="'whoiam.flobiSayPerson'"/>
321             <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/>
322         </invoke>
323         <transition event="FlobiSayPerson.invoke.done" target="Goodbye"/>
324     </state>
325     <state id="Goodbye">
326         <invoke targettype="task" src="ShortTerm:DialogTask:DialogTask:DialogTask
327             ">
328             <param name="type" expr="'whoiam.goodbye'"/>
329             <param name="reply" expr="''"/>

```

```
324         <param name="timestamps.initiated" expr="System.currentTimeMillis()"/>
325     </invoke>
326     <transition event="Goodbye.invoke.done" cond="_eventdata['reply'] eq '
        confirm_yes'" target="DrawCard1" />
327     <transition event="Goodbye.invoke.done" target="Exit"/>
328 </state>
329 </state>
330 <state id="Exit">
331
332 </state>
333 </state>
334 <state id="LookingPerson">
335     <initial>
336         <transition target="WaitSecondPerson"/>
337     </initial>
338     <state id="WaitSecondPerson">
339         <transition event="interrupt" target="FlobiSeeTwoPerson"/>
340     </state>
341     <state id="FlobiSeeTwoPerson">
342         <transition event="interruptdone" target="WaitSecondPerson"/>
343     </state>
344 </state>
345 </parallel>
346 </scxml>
```


9 Literaturverzeichnis

- [Arnold, 1969] Arnold, M. B. (1969). *Emotion and Personality*. Columbia University Press.
- [Bagby et al., 1994] Bagby, R. M., Parker, J. D. A., and Taylor, G. J. (1994). The twenty-item Toronto Alexithymia scale—I. Item selection and cross-validation of the factor structure. *Journal of psychosomatic research*, 38(1):23–32.
- [Bailenson and Yee, 2005] Bailenson, J. N. and Yee, N. (2005). Digital chameleons: automatic assimilation of nonverbal gestures in immersive virtual environments. *Psychological Science*, 16(10):814–819.
- [Banse and Scherer, 1996] Banse, R. and Scherer, K. R. (1996). Acoustic profiles in vocal emotion expression. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(3):614–636.
- [Barbara Gonsior, 2011] Barbara Gonsior, S. S. C. M. J. B. B. R. D. W. K. K. (2011). Improving Aspects of Empathy and Subjective Performance for HRI through Mirroring Facial Expressions. pages 1–7.
- [Barnard and Teasdale, 2014] Barnard, P. and Teasdale, J. (2014). *Affect, Cognition and Change*. Re-Modelling Depressive Thought. Psychology Press.
- [Barnett et al., 2007] Barnett, J., Akolkar, R., Auburn, R. J., Bodell, M., and Burnett, D. C. (2007). *State chart XML (SCXML): State machine notation for control abstraction*. W3C working draft.
- [Barrett and Nelson-Goens, 1997] Barrett, K. and Nelson-Goens, G. C. (1997). Emotion Communication and the Development of the Social Emotions. *New directions for child development*.
- [Barrett, 2006] Barrett, L. F. (2006). Are Emotions Natural Kinds? *Perspectives on psychological science*, 1(1):28–58.
- [Bartneck, 2002] Bartneck, C. (2002). Integrating the occ model of emotions in embodied characters. In *Workshop on Virtual Conversational Characters*. Citeseer.

- [Bartneck et al., 2004] Bartneck, C., Reichenbach, J., and Breemen, v. A. (2004). In your face, robot! The influence of a character’s embodiment on how users perceive its emotional expressions. pages 32–51.
- [Batson, 2009] Batson, C. D. (2009). These things called empathy: eight related but distinct phenomena. In Decety, J. and Ickes, W., editors, *The social neuroscience of empathy*, pages 3–15. MIT Press.
- [Bavelas et al., 1987] Bavelas, J., Black, A., Lemery, C., and Mullett, J. (1987). Motor mimicry as primitive empathy.
- [Bavelas et al., 1986] Bavelas, J. B., Black, A., Lemery, C. R., and Mullett, J. (1986). “I show how you feel”: Motor mimicry as a communicative act. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(2):322–329.
- [Becker-Asano, 2008] Becker-Asano, C. (2008). *WASABI: Affect simulation for agents with believable interactivity*. PhD thesis, IOS Press.
- [Becker-Asano and Wachsmuth, 2010] Becker-Asano, C. and Wachsmuth, I. (2010). Affective computing with primary and secondary emotions in a virtual human. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 20(1):32–49.
- [Bornemann et al., 2012] Bornemann, B., Winkielman, P., and der Meer, E. v. (2012). Can you feel what you do not see? Using internal feedback to detect briefly presented emotional stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 85(1):116–124.
- [Boukricha and Wachsmuth, 2011] Boukricha, H. and Wachsmuth, I. (2011). Empathy-Based Emotional Alignment for a Virtual Human: A Three-Step Approach. *KI - Künstliche Intelligenz*, 25(3):195–204.
- [BREAZEAL, 2003a] BREAZEAL, C. (2003a). Emotion and sociable humanoid robots. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(1-2):119–155.
- [BREAZEAL, 2003b] BREAZEAL, C. (2003b). Toward sociable robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4):167–175.
- [Breazeal, 2004a] Breazeal, C. (2004a). Social interactions in HRI: the robot view. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 34(2):181–186.
- [Breazeal, 2004b] Breazeal, C. L. (2004b). *Designing Sociable Robots*. MIT Press.

-
- [Brennan, 2005] Brennan, S. E. (2005). How conversation is shaped by visual and spoken evidence. *Approaches to studying world-situated language use Bridging the language-as-product and language-as-action traditions*, pages 95–129.
- [Brennan and Clark, 1996] Brennan, S. E. and Clark, H. H. (1996). Conceptual pacts and lexical choice in conversation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(6):1482–1493.
- [Brennan et al., 2010] Brennan, S. E., Galati, A., and Kuhlen, A. K. (2010). Two Minds, One Dialog. In *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, pages 301–344. Elsevier.
- [Brungs et al., 2008] Brungs, A., Landweer, H., and Renz, U. (2008). *Handbuch Klassische Emotionstheorien: von Platon bis Wittgenstein*. Walter de Gruyter.
- [Buck, 1980] Buck, R. (1980). Nonverbal behavior and the theory of emotion: The facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 38(5):811–824.
- [Cañamero, 1997] Cañamero, D. (1997). Modeling motivations and emotions as a basis for intelligent behavior. In *Proceedings of the first international conference on Autonomous agents*, pages 148–155. ACM.
- [Cañamero and Fredslund, 2001] Cañamero, L. and Fredslund, J. (2001). I show you how I like you - can you read it in my face? [robotics]. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 31(5):454–459.
- [Carbonell et al., 1996] Carbonell, J., Simmons, R., Scott, W., and Reilly, N. (1996). Believable Social and Emotional Agents.
- [Caridakis et al., 2007] Caridakis, G., Castellano, G., Kessous, L., Raouzaïou, A., Matalèsta, L., Asteriadis, S., and Karpouzis, K. (2007). Multimodal emotion recognition from expressive faces, body gestures and speech. In *Artificial Intelligence and Innovations 2007: from Theory to Applications*, pages 375–388. Springer US, Boston, MA.
- [Clark, 1997] Clark, E. V. (1997). Conceptual perspective and lexical choice in acquisition. *COGNITION*.
- [Clark, 1985] Clark, H. H. (1985). Language use and language users . *Handbook of social psychology*, pages 179–231.

- [Cleland and Pickering, 2003] Cleland, A. A. and Pickering, M. (2003). The use of lexical and syntactic information in language production: Evidence from the priming of noun-phrase structure. *Journal of Memory and Language*.
- [Damasio, 1994] Damasio, A. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain* (New York, Grosset/Putnam, 1994) and *The Feeling of What Happens*.
- [Damm et al., 2011] Damm, O., Dreier, K., and Hegel, F. (2011). Communicating emotions in robotics: Towards a model of emotional alignment. . . . *on Human-Robot*
- [Damm et al., 2013] Damm, O., Malchus, K., Jaecks, P., Krach, S., Paulus, F. M., Naber, M., Jansen, A., Kamp-Becker, I., Einhaeuser-Treyer, W., Stenneken, P., and Wrede, B. (2013). Different gaze behavior in human-robot interaction in Aspergers syndrome: An eye-tracking study. pages 1–2.
- [Darwin, 1872] Darwin, C. (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. John Murray, London.
- [Dautenhahn and Werry, 2004] Dautenhahn, K. and Werry, I. (2004). Towards interactive robots in autism therapy: Background, motivation and challenges. *Pragmatics & Cognition*, 12(1):1–35.
- [Davis, 1994] Davis, M. H. (1994). *Empathy: A social psychological approach*. Westview Press Boulder, CO.
- [de Vignemont and Singer, 2006] de Vignemont, F. and Singer, T. (2006). The empathic brain: how, when and why? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(10):435–441.
- [Decety and Jackson, 2004] Decety, J. and Jackson, P. L. (2004). The functional architecture of human empathy. *Behavioral and cognitive neuroscience*
- [Delaborde et al., 2009] Delaborde, A., Tahon, M., Barras, C., and DEVILLERS, L. (2009). A Wizard-of-Oz game for collecting emotional audio data in a children-robot interaction. In *AFFINE '09: Proceedings of the International Workshop on Affective-Aware Virtual Agents and Social Robots*, pages 1–3, New York, New York, USA. ACM Request Permissions.
- [der Pütten et al., 2013] der Pütten, A. M. R.-v., Kramer, N. C., Hoffmann, L., Sobieraj, S., and Eimler, S. C. (2013). An Experimental Study on Emotional Reactions Towards a Robot. *International Journal of Social Robotics*, 5(1):17–34.

-
- [Dimberg et al., 2000] Dimberg, U., Thunberg, M., and Elmehed, K. (2000). Unconscious Facial Reactions to Emotional Facial Expressions. *Psychological Science*, 11(1):86–89.
- [Dreisbach and Goschke, 2004] Dreisbach, G. and Goschke, T. (2004). How Positive Affect Modulates Cognitive Control: Reduced Perseveration at the Cost of Increased Distractibility. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2):343–353.
- [Ekman, 1992] Ekman, P. (1992). Are there basic emotions? *Psychological Review*, 99(3):550–553.
- [Ekman, 2004] Ekman, P. (2004). *Gefühle lesen*. München: Spektrum.
- [Ekman and Friesen, 1978] Ekman, P. and Friesen, W. V. (1978). Facial Action Coding System.
- [Ekman and Friesen, 2003] Ekman, P. and Friesen, W. V. (2003). *Unmasking the Face*. A Guide to Recognizing Emotions from Facial Clues. ISHK.
- [El-Nasr et al., 2000] El-Nasr, M. S., Yen, J., and Ioerger, T. R. (2000). FLAME—Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3(3):219–257.
- [Ellgring, 2007] Ellgring, H. (2007). Are facial expressions of emotion produced by categorical affect programs or dynamically driven by appraisal? *Emotion*.
- [Elliott and Siegle, 1993] Elliott, C. and Siegle, G. (1993). Variables influencing the intensity of simulated affective states.
- [Elliott, 1992] Elliott, C. D. (1992). *The Affective Reasoner: A Process Model of Emotions in a Multi-agent System*. PhD thesis, Northwestern University, Evanston, IL, USA.
- [Ellsworth, 2003] Ellsworth, P. C. (2003). Appraisal processes in emotion. *Handbook of affective sciences*.
- [Eyssel et al., 2010] Eyssel, F., Hegel, F., Horstmann, G., and Wagner, C. (2010). Anthropomorphic inferences from emotional nonverbal cues: A case study. *RO-MAN, 2010 IEEE*, pages 646–651.
- [Fischer and van Kleef, 2010] Fischer, A. H. and van Kleef, G. A. (2010). Where Have All the People Gone? A Plea for Including Social Interaction in Emotion Research. *Emotion Review*, 2(3):208–211.

- [Fong et al., 2003] Fong, T., Nourbakhsh, I., and Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems*, pages 1–24.
- [Froni and Semin, 2011] Froni, F. and Semin, G. R. (2011). When does mimicry affect evaluative judgment? *Emotion*, 11(3):687–690.
- [Forsberg, 2003] Forsberg, M. (2003). Why is speech recognition difficult. *Chalmers University of Technology*.
- [Fridlund, 1994] Fridlund, A. (1994). *Human facial expression: An evolutionary view.*, volume 38. Academic Press New York.
- [Frijda, 1994] Frijda, N. H. (1994). Universal antecedents exist, and are interesting. pages 197–202.
- [Frith, 2009] Frith, C. (2009). Role of facial expressions in social interactions. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1535):3453–3458.
- [Gallagher, 2012] Gallagher, S. (2012). Empathy, simulation, and narrative. *Science in context*.
- [Gasper, 2003] Gasper, K. (2003). When necessity is the mother of invention: Mood and problem solving. *Journal of Experimental Social Psychology*, 39(3):248–262.
- [Gebhard, 2005] Gebhard, P. (2005). *ALMA: a layered model of affect.* a layered model of affect. ACM, New York, New York, USA.
- [Gigerenzer, 2007] Gigerenzer, G. (2007). Gut feelings: The intelligence of the unconscious. New York: Viking (the Penguin Group).
- [Gilin et al., 2013] Gilin, D., Maddux, W. W., Carpenter, J., and Galinsky, A. D. (2013). When to use your head and when to use your heart: the differential value of perspective-taking versus empathy in competitive interactions. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 39(1):3–16.
- [Goldie, 1999] Goldie, P. (1999). How we think of others’ emotions. *Mind & language*.
- [Gratch, 2008] Gratch, J. (2008). True Emotion vs. Social Intentions in Nonverbal Communication: Towards a Synthesis for Embodied Conversational Agents. In *Modeling Communication with Robots and Virtual Humans*, pages 181–197. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Gratch and Marsella, 2004] Gratch, J. and Marsella, S. (2004). A domain-independent framework for modeling emotion. *Cognitive Systems Research*, 5(4):269–306.

-
- [Gratch et al., 2009] Gratch, J., Marsella, S., and Petta, P. (2009). Modeling the cognitive antecedents and consequences of emotion. *Cognitive Systems Research*, 10(1):1–5.
- [Gratch et al., 2006] Gratch, J., Okhmatovskaia, A., Lamothe, F., Marsella, S., Morales, M., van der Werf, R., and Morency, L.P. (2006). Virtual rapport. *Intelligent Virtual Agents*, pages 14–27.
- [Gratch et al., 2007] Gratch, J., Wang, N., Gerten, J., Fast, E., and Duffy, R. (2007). Creating Rapport with Virtual Agents. In *Lecture Notes in Computer Science*, pages 125–138. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Grizard and Lisetti, 2006] Grizard, A. and Lisetti, C. (2006). Generation of facial emotional expressions based on psychological theory. *Workshop on Emotion and Computing*.
- [Guitar and Marchinkoski, 2001] Guitar, B. and Marchinkoski, L. (2001). Influence of mothers’ slower speech on their children’s speech rate. *Journal of Speech*.
- [Haring et al., 2011] Haring, M., Bee, N., and André, E. (2011). Creation and Evaluation of emotion expression with body movement, sound and eye color for humanoid robots. *RO-MAN, 2011 IEEE*, pages 204–209.
- [Harré and Gillett, 1994] Harré, R. and Gillett, G. (1994). *The Discursive Mind*. SAGE.
- [Hatfield et al., 1993] Hatfield, E., Cacioppo, J., and Rapson, R. (1993). Emotional contagion. *Current Directions in Psychological Science*, 2(3):96–100.
- [Hatfield et al., 2011] Hatfield, E., Rapson, R. L., and Le, Y.-C. L. (2011). Emotional Contagion and Empathy. *The social neuroscience of empathy*.
- [Hegel et al., 2010] Hegel, F., Eyssel, F., and Wrede, B. (2010). The social robot Flobi: Key concepts of industrial design. *2010 RO-MAN: The 19th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pages 107–112.
- [Hegel et al., 2008] Hegel, F., Krach, S., Kircher, T., Wrede, B., and Sagerer, G. (2008). *Understanding social robots: A user study on anthropomorphism*. IEEE.
- [Hegel et al., 2006] Hegel, F., Spexard, T., Wrede, B., Horstmann, G., and Vogt, T. (2006). Playing a different imitation game: Interaction with an Empathic Android Robot. In *Humanoid Robots, 2006 6th IEEE-RAS International Conference on*, pages 56–61. IEEE.

- [Hegel and Wrede, 2010] Hegel, F. and Wrede, B. (2010). The Social Robot Flobi: Key Concepts of Industrial Design. In *RO-MAN, 2010 IEEE*. Viareggio, Italy.
- [Hess and Kirouac, 2000] Hess, U. and Kirouac, G. (2000). Emotion expression in groups. In Lewis, M. and Haviland-Jones, J. M., editors, *Handbook of Emotions*, pages 368–381. The Guilford Press, New York.
- [Hielscher, 2003] Hielscher, M. (2003). Emotion und Sprachproduktion. *Gert Rickheit/Theo Herrmann/Werner Deutsch (Hg.), Psycholinguistics/Psycholinguistik. Ein internationales Handbuch, Berlin/New York*, pages 468–490.
- [Hofelich and Preston,] Hofelich, A. J. and Preston, S. D. The meaning in empathy: Distinguishing conceptual encoding from facial mimicry, trait empathy, and attention to emotion. *Cognition & Emotion*, 1(26):119–128.
- [Hoffman, 2001] Hoffman, M. L. (2001). *Empathy and Moral Development*. Implications for Caring and Justice. Cambridge University Press.
- [Holthaus and Wachsmuth, 2013] Holthaus, P. and Wachsmuth, S. (2013). Direct on-line imitation of human faces with hierarchical ART networks. *RO-MAN, 2013 IEEE*, pages 370–371.
- [Hsee et al., 1992] Hsee, C. K., Hatfield, E., and Chemtob, C. (1992). Assessments of the Emotional States of Others: Conscious Judgments Versus Emotional Contagion. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 11(2):119–128.
- [Hurley and Chater, 2005] Hurley, S. L. and Chater, N. (2005). *Perspectives on Imitation: Imitation, human development, and culture*. MIT Press.
- [Ickes et al., 2000] Ickes, W., Buysse, A., Pham, H., Rivers, K., Erickson, J. R., Hancock, M., Kelleher, J., and Gesn, P. R. (2000). On the difficulty of distinguishing “good” and “poor” perceivers: A social relations analysis of empathic accuracy data. *Personal Relationships*, 7(2):219–234.
- [Ireland and Pennebaker, 2010] Ireland, M. E. and Pennebaker, J. W. (2010). Language style matching in writing: synchrony in essays, correspondence, and poetry. *Journal of Personality and Social Psychology*, 99(3):549–571.
- [Isen et al., 1987] Isen, A. M., Isen, A. M., Daubman, K. A., Daubman, K. A., Nowicki, G. P., and Nowicki, G. P. (1987). Positive affect facilitates creative problem solving. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(6):1122–1131.

-
- [Izard, 1993] Izard, C. E. (1993). Four systems for emotion activation: Cognitive and noncognitive processes. *Psychological Review*, 100(1):68–90.
- [Izard, 1994] Izard, C. E. (1994). *Cognition is one of four types of emotion-activating systems*. The nature of emotion: Fundamental questions.
- [Jaecks and Hielscher-Fastabend, 2008] Jaecks, P. and Hielscher-Fastabend, M. (2008). Emotional alignment in communication. In *Proceedings of the 38th Clinical Aphasiology Conference*, Wyoming.
- [Jaecks et al., 2012] Jaecks, P., Richter, K., Finkeldey, I., Rabsahl, C., and Stenneken, P. (2012). Emotional Alignment in Patients with Parkinson’s disease. In *NeuroPsycholinguistic Perspectives on Aphasia, 2012*, Toulouse.
- [Kanda et al., 2006] Kanda, T., Kamasima, M., Imai, M., Ono, T., Sakamoto, D., Ishiguro, H., and Anzai, Y. (2006). A humanoid robot that pretends to listen to route guidance from a human. *Autonomous Robots*, 22(1):87–100.
- [Keltner and Haidt, 1999] Keltner, D. and Haidt, J. (1999). Social functions of emotions at four levels of analysis. *Cognition & Emotion*, 13(5):505–521.
- [Kraif and Rat, 2007] Kraif, U. and Rat, D. B. I. W. (2007). *Duden - das große Fremdwörterbuch: Herkunft und Bedeutung der Fremdwörter*. Dudenverlag.
- [Kraut and Johnston, 1979] Kraut, R. E. and Johnston, R. E. (1979). Social and emotional messages of smiling: An ethological approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37(9):1539–1553.
- [Küblbeck and Ernst, 2006] Küblbeck, C. and Ernst, A. (2006). Face detection and tracking in video sequences using the modifiedcensus transformation. *Image and Vision Computing*, 24(6):564–572.
- [Lazarus, 1991] Lazarus, R. L. (1991). Emotion and Adaptation.
- [LeDoux and Bemporad, 1997] LeDoux, J. and Bemporad, J. R. (1997). The emotional brain. *Journal of the American Academy of Psychoanalysis*, 25:525–528.
- [Leite et al., 2012] Leite, I., Castellano, G., Pereira, A., Martinho, C., and Paiva, A. (2012). Modelling empathic behaviour in a robotic game companion for children: an ethnographic study in real-world settings. In *HRI '12: Proceedings of the seventh annual ACM/IEEE international conference on Human-Robot Interaction*. ACM Request Permissions.

- [Leite et al., 2008] Leite, I., Martinho, C., Pereira, A., and Paiva, A. (2008). *iCat: an affective game buddy based on anticipatory mechanisms*. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- [Leite et al., 2011] Leite, I., Pereira, A., Castellano, G., Mascarenhas, S., Martinho, C., and Paiva, A. (2011). Social robots in learning environments: a case study of an empathic chess companion. *Proceedings of the International Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments*, pages 8–12.
- [Lester et al., 2001] Lester, J. C., Towns, S. G., Callaway, C. B., Voerman, J. L., and FitzGerald, P. J. (2001). Deictic and emotive communication in animated pedagogical agents. *Embodied conversational agents*.
- [Levenson, 1994] Levenson, R. W. (1994). *Human emotion: A functional view*. The nature of emotion: Fundamental questions.
- [Lewis, 2000] Lewis, M. (2000). The emergence of human emotions. In Lewis, M. and Haviland-Jones, J. M., editors, *Handbook of Emotions*, pages 265–280. The Guilford Press, New York.
- [Likowski et al., 2011] Likowski, K. U., Mühlberger, A., Seibt, B., Pauli, P., and Weyers, P. (2011). Processes underlying congruent and incongruent facial reactions to emotional facial expressions. *Emotion*.
- [Loewenstein and Lerner, 2003] Loewenstein, G. and Lerner, J. S. (2003). The role of affect in decision making. *Handbook of affective science*, 619(642):3.
- [Luhmann and Baecker, 2002] Luhmann, N. and Baecker, D. (2002). *Einführung in die Systemtheorie*. Carl-Auer-Systeme Verlag.
- [Makhijani et al., 2013] Makhijani, R., Shrawankar, U., and Thakare, V. M. (2013). Opportunities & challenges in automatic speech recognition. *arXiv preprint arXiv:1305.2846*.
- [Malchus et al., 2013a] Malchus, K., Jaecks, P., Damm, O., Stenneken, P., Meyer, C., and Wrede, B. (2013a). The role of emotional congruence in human-robot interaction. pages 191–192.
- [Malchus et al., 2013b] Malchus, K., Jaecks, P., Damm, O., Stenneken, P., Meyer, C., and Wrede, B. (2013b). The role of emotional congruence in human-robot interaction. In *Human-Robot Interaction (HRI), 2013 8th ACM/IEEE International Conference on*, pages 191–192. IEEE Press.

-
- [Marinier III et al., 2009] Marinier III, R. P., Laird, J. E., and Lewis, R. L. (2009). A computational unification of cognitive behavior and emotion. *Cognitive Systems Research*, 10(1):48–69.
- [Marsella and Gratch, 2006] Marsella, S. and Gratch, J. (2006). EMA: A computational model of appraisal dynamics. pages 1–6.
- [Marsella et al., 2010] Marsella, S., Gratch, J., and Petta, P. (2010). Computational models of emotion. *A Blueprint for Affective Computing . . .*
- [Marsella and Gratch, 2009] Marsella, S. C. and Gratch, J. (2009). EMA: A process model of appraisal dynamics. *Cognitive Systems Research*, 10(1):70–90.
- [McCanne and Anderson, 1987] McCanne, T. R. and Anderson, J. A. (1987). Emotional responding following experimental manipulation of facial electromyographic activity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(4):759–768.
- [Mesquita et al., 1997] Mesquita, B., Frijda, N. H., and Scherer, K. R. (1997). Culture and emotion. *Handbook of cross-cultural psychology*, 2:255–297.
- [Monceaux et al., 2009] Monceaux, J., Becker, J., Boudier, C., and Mazel, A. (2009). *Demonstration: first steps in emotional expression of the humanoid robot Nao*. first steps in emotional expression of the humanoid robot Nao. ACM, New York, New York, USA.
- [Mori, 1970] Mori, M. (1970). The uncanny valley. *Energy*.
- [Mori et al., 2012] Mori, M., MacDorman, K. F., and Kageki, N. (2012). The Uncanny Valley [From the Field]. *Robotics & Automation Magazine, IEEE*, 19(2):98–100.
- [Niederhoffer and Pennebaker, 2002] Niederhoffer, K. G. and Pennebaker, J. W. (2002). Linguistic Style Matching in Social Interaction. *Journal of Language and Social Psychology*, 21(4):337–360.
- [Nomura et al., 2006] Nomura, T., Kanda, T., and Suzuki, T. (2006). Experimental investigation into influence of negative attitudes toward robots on human–robot interaction. *Ai & Society*, 20(2):138–150.
- [Nomura et al., 2004] Nomura, T., Kanda, T., Suzuki, T., and Kato, K. (2004). Psychology in human-robot communication: an attempt through investigation of negative attitudes and anxiety toward robots. *Robot and Human Interactive Communication, 2004. ROMAN 2004. 13th IEEE International Workshop on*, pages 35–40.

- [Nummenmaa et al., 2008] Nummenmaa, L., Hirvonen, J., Parkkola, R., and Hietanen, J. K. (2008). Is emotional contagion special? An fMRI study on neural systems for affective and cognitive empathy. *Neuroimage*.
- [Oberman et al., 2007] Oberman, L. M., Winkielman, P., and Ramachandran, V. S. (2007). Face to face: Blocking facial mimicry can selectively impair recognition of emotional expressions. *dx.doi.org*, 2(3-4):167–178.
- [Ochsner and Barrett, 2001] Ochsner, K. N. and Barrett, L. F. (2001). *A multiprocess perspective on the neuroscience of emotion*. Emotion: Current issues and future
- [Ogata and Sugano, 2000] Ogata, T. and Sugano, S. (2000). Emotional communication robot: Wamoeba-2r emotion model and evaluation experiments. In *Proceedings of the International Conference on Humanoid Robots*.
- [Omdahl, 2014] Omdahl, B. L. (2014). *Cognitive Appraisal, Emotion, and Empathy*. Psychology Press.
- [Ortony et al., 1988] Ortony, A., Clore, G. L., and Collins, A. (1988). *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press.
- [O’Shea, 2012] O’Shea, J. R. (2012). The ’theory theory’ of mind and the aims of Sellars’ original myth of Jones. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*.
- [Paiva et al., 2011] Paiva, A., Chiu, C. M., Hung, S.-S., Tsay, J.-J., Pelechano, N., Spanlang, B., Beacco, A., Jang, T., i Ribera, R. B., Bae, J., et al. (2011). *Empathy in social agents*, volume 10.
- [Paiva et al., 2005] Paiva, A., Dias, J., Sobral, D., Aylett, R., Woods, S., Hall, L., and Zoll, C. (2005). Learning by feeling: Evoking empathy with synthetic characters. *Applied Artificial Intelligence*, 19(3-4):235–266.
- [Panksepp, 2000] Panksepp, J. (2000). Emotions as natural kinds within mammalian brain. In Lewis, M. and Haviland-Jones, J. M., editors, *Handbook of Emotions*, pages 137–156. The Guilford Press, New York.
- [Pardo, 2006] Pardo, J. S. (2006). On phonetic convergence during conversational interaction. *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- [Parkinson and Simons, 2009] Parkinson, B. and Simons, G. (2009). Affecting others: social appraisal and emotion contagion in everyday decision making . *Personal. Soc. Psychol. Bull.*, 35.

-
- [Peltason and Wrede, 2010] Peltason, J. and Wrede, B. (2010). Pamini: a framework for assembling mixed-initiative human-robot interaction from generic interaction patterns. In *SIGDIAL '10: Proceedings of the 11th Annual Meeting of the Special Interest Group on Discourse and Dialogue*. Association for Computational Linguistics.
- [Pereira et al., 2008] Pereira, A., Martinho, C., Leite, I., and Paiva, A. (2008). icat, the chess player: the influence of embodiment in the enjoyment of a game. In *Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multi-agent systems-Volume 3*, pages 1253–1256. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- [Peter and Beale, 2008] Peter, C. and Beale, R., editors (2008). *Affect and Emotion in Human-Computer Interaction*, volume 4868 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Picard, 1995] Picard, R. W. (1995). Affective computing.
- [Pickering and Garrod, 2004] Pickering, M. and Garrod, S. (2004). Toward a mechanistic psychology of dialogue. *Behavioral and Brain Sciences*, 27(02):169–190.
- [Pourtois et al., 2005] Pourtois, G., Dan, E. S., Grandjean, D., Sander, D., and Vuilleumier, P. (2005). Enhanced extrastriate visual response to bandpass spatial frequency filtered fearful faces: Time course and topographic evoked-potentials mapping. *Human Brain Mapping*, 26(1):65–79.
- [Preston and Stansfield, 2008] Preston, S. D. and Stansfield, R. B. (2008). I know how you feel: Task-irrelevant facial expressions are spontaneously processed at a semantic level. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8(1):54–64.
- [Rank and Petta, 2005] Rank, S. and Petta, P. (2005). Appraisal for a character-based story-world. *IVA*.
- [Reeves and Nass, 1997] Reeves, B. and Nass, C. (1997). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television,? New Media Like Real People? Places*. Computers & Mathematics with Applications.
- [Riek et al., 2009] Riek, L. D., Paul, P. C., and Robinson, P. (2009). When my robot smiles at me: Enabling human-robot rapport via real-time head gesture mimicry. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 3(1-2):99–108.
- [Riek and Robinson, 2008] Riek, L. D. and Robinson, P. (2008). Real-Time Empathy: Facial Mimicry on a Robot. pages 1–5.

- [Ruby and Decety, 2004] Ruby, P. and Decety, J. (2004). How Would You Feel versus How Do You Think She Would Feel? A Neuroimaging Study of Perspective-Taking with Social Emotions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(6):988–999.
- [Russell, 2003] Russell, J. A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review*.
- [Russell and Fernandez-Dols, 1997] Russell, J. A. and Fernandez-Dols, J.-M. (1997). *The Psychology of Facial Expression*. Cambridge University Press.
- [Russell and Mehrabian, 1977] Russell, J. A. and Mehrabian, A. (1977). Evidence for a three-factor theory of emotions. *Journal of research in Personality*, 11(3):273–294.
- [Schachter and Singer, 1962] Schachter, S. and Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69(5):379–399.
- [Scherer, 1994] Scherer, K. R. (1994). Evidence for both universality and cultural specificity of emotion elicitation. In Ekman, P. and Davidson, R. J., editors, *The nature of emotion: Fundamental questions*, pages 172–175. Oxford University Press, New York/Oxford.
- [Scherer and Ekman, 1984] Scherer, K. R. and Ekman, P. (1984). *Approaches to Emotion*. Psychology Press.
- [Schulkin, 2000] Schulkin, J. (2000). Theory of mind and mirroring neurons. *Trends in Cognitive Sciences*, 4:252–254.
- [Shamay-Tsoory et al., 2009] Shamay-Tsoory, S. G., Aharon-Peretz, J., and Perry, D. (2009). Two systems for empathy: a double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain*, (35):617–627.
- [Shepard et al., 2001] Shepard, C., Giles, H., and Le Poire, B. (2001). Communication accommodation theory. *The new handbook of language and social psychology*, pages 33–56.
- [Si et al., 2008] Si, M., Marsella, S. C., and Pynadath, D. V. (2008). Modeling Appraisal in Theory of Mind Reasoning. In *Intelligent Virtual Agents*, pages 334–347. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Staller and Petta, 2001] Staller, A. and Petta, P. (2001). Introducing Emotions into the Computational Study of Social Norms: A First Evaluation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4.

-
- [Strack and Martin, 1988] Strack, F. and Martin, L. (1988). Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: A nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis.
- [Sucksmith et al., 2013] Sucksmith, E., Allison, C., Baron-Cohen, S., and Chakrabarti, B. (2013). Empathy and emotion recognition in people with autism, first-degree relatives, and controls. *Neuropsychologia*.
- [Sze et al., 2012] Sze, J. A., Gyurak, A., Goodkind, M. S., and Levenson, R. W. (2012). Greater emotional empathy and prosocial behavior in late life. *Emotion*, 12(5):1129–1140.
- [Tamietto et al., 2009] Tamietto, M., Castelli, L., Vighetti, S., Perozzo, P., Geminiani, G., Weiskrantz, L., and de Gelder, B. (2009). Unseen facial and bodily expressions trigger fast emotional reactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(42):17661–17666.
- [Teasdale, 1999] Teasdale, J. (1999). Emotional processing, three modes of mind and the prevention of relapse in depression. *Behaviour Research and Therapy*, 37:S53.
- [Tronick, 1989] Tronick, E. Z. (1989). Emotions and emotional communication in infants. *American psychologist*, 44(2):112–119.
- [Ulich, 2003] Ulich, D. (2003). *Psychologie der Emotionen*. Kohlhammer.
- [van Baaren et al., 2003] van Baaren, R. B., Holland, R. W., Steenaert, B., and van Knippenberg, A. (2003). Mimicry for money: Behavioral consequences of imitation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 39(4):393–398.
- [Van Berkum et al., 2008] Van Berkum, J. J., Van den Brink, D., Tesink, C. M., Kos, M., and Hagoort, P. (2008). The neural integration of speaker and message. *Journal of cognitive neuroscience*, 20(4):580–591.
- [Velásquez, 1997] Velásquez, J. (1997). *Modeling emotions and other motivations in synthetic agents*. AAAI/IAAI.
- [Velásquez, 1998a] Velásquez, J. (1998a). A computational framework for emotion-based control. *Proceedings of the Workshop on Grounding Emotions in Adaptive Systems; International Conference on SAB*, pages 62–67.
- [Velásquez, 1998b] Velásquez, J. (1998b). When robots weep: emotional memories and decision-making. *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, pages 70–75.

- [Wada et al., 2005] Wada, K., Shibata, T., Saito, T., Sakamoto, K., and Tanie, K. (2005). Psychological and Social Effects of One Year Robot Assisted Activity on Elderly People at a Health Service Facility for the Aged. In *Robotics and Automation, 2005. ICRA 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on*, pages 2785–2790. IEEE.
- [Wagner et al., 2012] Wagner, A., Wright, J., Ganesh, A., Zhou, Z., Mobahi, H., and Ma, Y. (2012). Toward a practical face recognition system: Robust alignment and illumination by sparse representation. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 34(2):372–386.
- [Weiss et al., 2011] Weiss, A., Mirnig, N., and Forster, F. (2011). What users expect of a proactive navigation robot. pages 36–40.
- [Wundt, 1922] Wundt, W. (1922). Vorlesung über die menschen-und tierseele. *Siebente und Achte Auflage*.
- [Wundt, 2012] Wundt, W. (2012). *Grundriss der Psychologie (Erweiterte Ausgabe)*. Jazzybee Verlag.
- [Zajonc, 1980] Zajonc, R. B. (1980). Feeling and thinking: Preferences need no inferences. *American psychologist*, 35(2):151–175.