

**Evaluation emotionaler und kommunikativer
Verhaltensweisen in Mensch-Roboter
Interaktionen in therapierelevanten Szenarien
zur Entwicklung eines Modells für die
roboterunterstützte Therapie bei Sprach- und
Kommunikationsstörungen**

Karoline Malchus

Technische Fakultät
Universität Bielefeld

**Evaluation emotionaler und kommunikativer
Verhaltensweisen in Mensch-Roboter
Interaktionen in therapierelevanten Szenarien
zur Entwicklung eines Modells für die
roboterunterstützte Therapie bei Sprach- und
Kommunikationsstörungen**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld

vorgelegt von

Karoline Malchus

Bielefeld – Mai 2015

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach DIN ISO 9706

Gutachter:

apl. Prof. Dr.-Ing. Britta Wrede
Prof. Dr. Prisca Stenneken
Prof. Dr. Elisabeth André

Prüfungskommission:

apl. Prof. Dr.-Ing. Britta Wrede
Prof. Dr. Prisca Stenneken
Prof. Dr. Elisabeth André
Prof. Dr. Helge Ritter
Dr.-Ing. Kirsten Bergmann

Abstract

Die Robotik für das Gesundheitswesen gewinnt, u.a. aufgrund des demographischen Wandels, zunehmend an Bedeutung. Die Forschung beschäftigt sich dabei nicht nur mit dem Einsatz von Robotern in der Pflege und Betreuung, sondern auch mit der Unterstützung von Robotern im Rahmen einer Therapie. Während es bislang zahlreiche Studien zum Einsatz von Robotern in der Therapie von neuromuskulären Erkrankungen oder Autismus-Spektrum-Störungen gibt, sind die Studien zum Einsatz von Robotern bei Sprachstörungen gering. Die vorliegende Dissertation hat daher das Ziel, die Robotik für die Sprachtherapie näher zu beleuchten und wichtige emotionale Kompetenzen eines Roboters in diesem Zusammenhang auf der Basis experimenteller Studien zu identifizieren. Das Computermodell des Emotionalen Alignment von Damm, Malchus, Jaecks, Stenneken und Wrede (2012) [68] dient dabei als Ausgangspunkt, um ein erweitertes Computermodell für die Sprachtherapie zu entwickeln. Darüber hinaus zielt die Dissertation darauf ab, Empfehlungen zur Konstruktion eines autonomen Roboters für die Sprachtherapie auszusprechen. Die Fragestellungen dieser Arbeit beziehen sich auf die Akzeptanz robotischer Systeme für die Sprachtherapie, den Nutzen eines Roboters in der Sprachtherapie und den Stellenwert emotionaler Kongruenz und emotionaler Alignmentmechanismen im Rahmen der Therapie. Zur Untersuchung dieser Fragestellungen kommen unterschiedliche Methoden, wie Fragebögen, Verhaltensmessungen oder die Ableitung der elektromyographischen Aktivität (EMG) zum Einsatz. Die Ergebnisse zeigen, dass professionelle und nicht professionelle Nutzer dem Einsatz eines Roboters in der Sprachtherapie grundsätzlich nicht negativ gegenüber stehen. Insbesondere die professionellen Nutzer sind jedoch, aufgrund fehlender Erfahrung im Umgang mit Robotern, unsicher. Hinsichtlich der emotionalen Kompetenzen robotischer Systeme in der Sprachtherapie zeigt sich, dass ein emotional kongruenter Emotionsausdruck wichtig ist, da ein emotional inkongruenter Ausdruck eines Roboters zu Irritationen seitens der Interaktionspartner führt. Dies zeigte sich in einer Studie anhand der fazialen Reaktionen, die mit dem EMG gemessen wurden. Während emotionale Inkongruenz keinen Einfluss auf die Leistung in einer Gedächtnisaufgabe hatte, zeigte sich, dass der Agent die Leistungen beeinflusste. Der Einsatz des Roboters führte zu einer höheren Erinnerungsleistung im Vergleich zum Einsatz eines menschlichen Geschichtenerzähler. Hinsichtlich des Emotionsausdrucks eines Roboters stellte sich heraus, dass die zugrunde liegenden Mechanismen (automatisches Alignment versus konzeptuelles Alignment) in der Sprachtherapie scheinbar keine große Rolle zu spielen scheinen. Darauf weisen die Ergebnisse einer Einzelfallstudie mit einem Patienten mit Aphasie hin. Ergebnis dieser Studie war zudem, dass der Proband von der roboterunterstützten Therapie profitieren konnte. Basierend auf den Ergebnissen der Studie wurde das Computermodell des Emotionalen Alignment modifiziert und um eine Komponente zur Aufmerksamkeitslenkung des Patienten ergänzt.

Schlussfolgernd trägt die vorliegende Dissertation zu einem besseren Verständnis emotionaler Prozesse in der Mensch-Roboter Interaktion sowie den Besonderheiten der Patient-Roboter Interaktion bei und kann, aufgrund des angepassten Computermodells und der Empfehlungen zur Konstruktion, als Basis für weitere Forschung in der Robotik für die Sprachtherapie dienen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	13
1 Einleitung	1
1.1 Fragestellungen und Ziele	1
1.2 Methodik und Roboter	3
1.2.1 Elektromyographie	5
1.2.2 Roboter Flobi	6
1.3 Gliederung	8
2 Robotik für die Sprachtherapie	11
2.1 Relevante Felder der Robotik und Arbeitsdefinition	12
2.2 Sprach- und Kommunikationsstörungen	14
2.2.1 Aphasien	15
2.2.2 Autismus-Spektrum-Störungen (ASS)	16
2.3 Studien zur Robotik bei Sprach- und Kommunikationsstörungen	18
2.3.1 Roboter in der Aphasietherapie	18
2.3.2 Roboter in der Therapie von ASS	19
2.4 Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen	22
2.5 Therapeutische Kompetenzen von Robotern	23
2.6 Computermodell des Emotionalen Alignment	25
2.6.1 Hintergrund	25
2.6.2 Grundlagen des Computermodells	26
2.6.3 Emotionale Prozesse	29
2.6.4 Beschreibung des Computermodells	31
2.6.5 Zusammenfassung	31
2.7 Angepasstes Computermodell für die Sprachtherapie	32
2.8 Zusammenfassung des Kapitels	34
3 Zur Akzeptanz eines Robotereinsatzes bei Sprach- und Kommunikationsstörungen	37
3.1 Einstellungen der Sprachtherapeuten hinsichtlich eines Robotereinsatzes in der Therapie	40
3.2 Einstellungen von neurologischen Patienten hinsichtlich eines Robotereinsatzes in der Therapie	44
3.3 Einstellungen von Personen mit ASS gegenüber Robotern	48
3.3.1 Methode	50
3.3.2 Ergebnisse	52
3.3.3 Diskussion	54
3.3.4 Zusammenfassung und Fazit	55
3.4 Zusammenfassung des Kapitels	56

4	Evaluation emotionaler Ausdrücke des Roboters Flobi	57
4.1	Fragestellungen und Hypothesen	58
4.2	Methode	59
4.2.1	Erstellung der Videoaufnahmen	59
4.2.2	Probanden	60
4.2.3	Studiendesign und Ablauf	60
4.3	Ergebnisse	60
4.4	Diskussion	63
4.5	Zusammenfassung	65
5	Zur Bedeutung emotionaler Inkongruenz in der Mensch-Roboter Interaktion	67
5.1	Fragestellungen und Hypothesen	71
5.2	Methode	72
5.2.1	Probanden	72
5.2.2	Material	72
5.2.3	Studiendesign und Durchführung	73
5.2.4	Analyse der Daten	74
5.3	Ergebnisse	75
5.3.1	EMG	75
5.3.2	Kognitiven Leistungen	77
5.3.3	Sonstige Berechnungen	79
5.4	Diskussion	79
5.4.1	EMG	80
5.4.2	Kognitive Leistungen	82
5.4.3	Sonstige Berechnungen	84
5.5	Zusammenfassung und Fazit	84
6	Emotionales Feedback des Roboters Flobi im Rahmen eines Benenstrainings bei Aphasie	87
6.1	Fragestellung und Hypothesen	88
6.2	Methode	90
6.2.1	Proband	90
6.2.2	Roboter	90
6.2.3	Material	91
6.2.4	Studiendesign und Durchführung	91
6.2.5	Analyse	94
6.3	Ergebnisse	95
6.3.1	Benennleistung des Probanden	95
6.3.2	Vergleich VT1 mit NT1	96
6.3.3	Vergleich VT1 mit NT2	96
6.3.4	Vergleich der Bedingungen in NT1 und NT2	97
6.3.5	Kontrollaufgabe	98
6.4	Diskussion	99
6.4.1	Zusammenfassung und Fazit	103
7	Zusammenfassende Diskussion	105
7.1	Akzeptanz von Robotern in der Sprachtherapie	105
7.2	Nutzen von Robotern in der Sprachtherapie	107

7.3	Emotionales Verhalten von Robotern in der Sprachtherapie	115
8	Empfehlung zur Konstruktion eines Roboters für die Sprachtherapie	121
8.1	Einsatz bei Sprach- und Kommunikationsstörungen	122
8.2	Roboterunterstützte Übungen	122
8.3	Äußeres Erscheinungsbild	122
8.4	Empfehlung zur Konstruktion sprachlicher und kommunikativer Verhaltensweisen	123
8.5	Empfehlung zur Konstruktion emotionaler Verhaltensweisen	125
9	Modifikation des angepassten Computermodells des Emotionalen Alignment	127
10	Zusammenfassung und Ausblick	137
11	Literaturverzeichnis	141

Abbildungsverzeichnis

1.1	Überblick über das Forschungsdesign der vorliegenden Dissertation. Die Inhalte der Arbeit entsprechen den oberhalb der gestrichelten Linie aufgeführten Aspekten. Unterhalb der gestrichelten Linie ist das weit gefasste Ziel eines autonomen Roboters für die Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen benannt.	4
1.2	Schematische Darstellung der Elektrodenplatzierung für die Ableitung am M. Corrugator supercilii für Emotionen wie z.B. Ärger (s. Foto links oben) und am M. Zygomaticus major für Emotionen wie Freude (s. Foto links unten), adaptiert nach Tamietto und De Gelder (2008) [285].	6
1.3	Fotos des an der Universität Bielefeld entwickelten Roboterkopfs Flobi mit unterschiedlichen Haarteilen, sowie einer Variation der Augenbrauen (außen links im Vergleich mit den anderen beiden).	7
2.1	Überblick über ausgewählte Felder der Robotik, in der die Robotik für die Sprachtherapie (RST) eingeordnet werden kann. Die Robotik für das Gesundheitswesen umfasst sowohl die RR als auch die AR. Die RST ist ein Untergebiet der RR und der SAR, die wiederum ein Untergebiet der AR und der SIR darstellt. 12	12
2.2	Schematische Darstellung einer Roboter-Patient Interaktion: Aufgezeigt sind zudem die menschlichen emotionalen Angleichungsprozesse der automatischen, schematischen und konzeptuellen Adaptation (vgl. Damm et al., 2011 [66]). Die Bezeichnungen Emotionserkennung und Emotionsausdruck sind aus Sicht des Patienten zu sehen. Die Blitze stehen symbolisch für eine mögliche Beeinträchtigung des Patienten in den entsprechenden Bereichen. Die Begriffe <i>Empathie</i> , <i>Emotional Contagion</i> und <i>Mimikry</i> werden in Kapitel 2.6 näher erläutert. 17	17
2.3	Auf den Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie angepasstes Modell therapeutischer Kompetenzen. In diesem Modell verfügt allein der Sprachtherapeut über die Methodenkompetenz und die Sachkompetenz, der Roboter hingegen besitzt eine Dialogkompetenz, die aufgeteilt ist in eine sprachlich emotionale Kompetenz und eine rekursiv-kommunikative Kompetenz. In Anlehnung an Lüdtker (2012) [189].	24
2.4	Die drei zugrunde liegenden Ebenen des <i>Computational Model of Emotional Alignment</i> von Damm et al. (2012) [68]. Diesen Ebenen des Emotionalen Alignment sind die emotionalen Mechanismen <i>Empathie</i> , <i>Contagion</i> und <i>Mimikry</i> zugeordnet.	27
2.5	Das <i>Computational Model of Emotional Alignment</i> ; adaptiert von Damm et al. (2012).	28

2.6	Für die Sprachtherapie angepasste Version des <i>Computational Model of Emotional Alignment</i> von Damm et al. (2012) [68] mit den Ebenen des automatischen und konzeptuellen Alignment.	33
3.1	Darstellung der mittleren Angaben auf die Frage bei welchen Übungen in der Sprachtherapie ein Roboter unterstützend eingesetzt werden könnte (in %), vgl. Malchus et al., 2013 [196].	42
3.2	Mittelwert der Antworten zu den notwendigen Charakteristika eines Roboters für die Sprachtherapie aus Sicht von Sprachtherapeuten und Patienten auf einer 7-stufigen Skala von 1 = unwichtig bis 7 = sehr wichtig (vgl. Malchus et al., 2013 [196]).	47
3.3	Graphische Darstellung der mittleren Antworten im NARS von den Probanden mit ASS und den gesunden Kontrollprobanden aufgeteilt nach den einzelnen Subskalen S1, S2 und S3.	54
4.1	Die Abbildung beinhaltet eine Darstellung beispielhafter Emotionsausdrücke des Roboters und der Menschen für die Emotionen Freude, Ärger, Angst, Trauer und einen neutralen Ausdruck.	59
4.2	Graphische Darstellung der Mittelwerte korrekt klassifizierter emotionaler robotischer und menschlicher Ausdrücke aufgeteilt nach den Emotionen Freude, Ärger, Angst, Trauer und dem neutralen Ausdruck.	61
4.3	Durch eine Heatmap visualisierte Konfusionsmatrix der von den Studienteilnehmern ausgewählten Emotionen (y- Achse) und der eigentlich dargestellten Emotionen (x- Achse) der menschlichen Agenten.	62
4.4	Durch eine Heatmap visualisierte Konfusionsmatrix der von den Studienteilnehmern ausgewählte Emotionen (y- Achse) und der eigentlich dargestellten Emotionen (x- Achse) des Roboters Flobi.	63
5.1	Oben: Darstellung des Studienaufbaus bei einem Probanden. Dieser sitzt vor einem Bildschirm, auf dem die virtuelle Version des Roboters zu sehen ist. Die Elektroden zur Ableitung des EMG sind auf der linken Seite des Gesichts am M. Zygomaticus major und M. Corrugator supercilii befestigt. Unten: Übersicht über die verschiedenen Experimentalbedingungen.	72
5.2	Abbildung der über die Probanden gemittelten Aktivität im M. Corrugator supercilii in μV in den Zeitintervallen von 1000 bis 4000 ms nach Beginn des Emotionsonset. Dargestellt sind sowohl die Mittelwerte für die Bedingungen Roboter gesamt und Mensch gesamt, als auch die Mittelwerte für die kongruenten und inkongruenten Bedingungen aufgeteilt nach Agenten (Mensch, Roboter).	75
5.3	Abbildung der über die Probanden gemittelten Veränderung der Aktivität im M. Zygomaticus major in μV in den Zeitintervallen von 1000 bis 4000 ms nach Beginn des Emotionsonset. Dargestellt sind sowohl die Mittelwerte für die Bedingungen Roboter gesamt und Mensch gesamt, als auch die Mittelwerte für die kongruenten und inkongruenten Bedingungen aufgeteilt nach Agenten (Mensch, Roboter).	76

5.4	Grafische Darstellung des Interaktionseffektes der Faktoren Agent (Mensch, Roboter) und Kongruenz (kongruent, inkongruent) bezogen auf die Mittelwerte der elektromyografischen Messung am <i>M. corrugator supercilii</i> während der emotionalen Bedingungen.	77
5.5	Darstellung der mittleren Anzahl richtiger Nennungen der Studienteilnehmer in der Gedächtnisaufgabe aufgeteilt nach den Bedingungen Roboter und Mensch. 80	
6.1	Überblick über die Testergebnisse des Probanden R.H. im Rahmen der Diagnostik mit dem Aachener Aphasie Test [148] Dargestellt sind die Punktwerte, Prozentränge und sortierten t-Werte für die einzelnen Untertests.	90
6.2	Schematische Darstellung des A-B-A Einzelfalldesigns.	92
6.3	Darstellung des räumlichen Studiendesign: Der Proband sitzt an einem Tisch auf dem ein Bildschirm steht. Der Roboterkopf Flobi ist oberhalb des Bildschirms zu sehen. Die Reaktionen des Probanden werden mit einer Videokamera, die neben dem Roboter steht, aufgezeichnet. Den Bildschirm und die Reaktionen des Roboters zeichnet eine weitere Kamera die hinter dem Probanden steht auf (s. Zeichnung links).	93
6.4	Überblick über die Anzahl der korrekten Benennungen des Probanden zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt (wobei die Sitzungen 1-3 den Vortestungen VT1, VT2 und VT3 entsprechen, die Termine 4-11 der Interventionsphase (B1-B9) und der Termin 12 dem NT1.	95
6.5	Überblick über die korrekten Benennungen des Patienten zum jeweiligen Erhebungszeitraum für die emotionalen Bedingungen <i>Mimikry</i> und <i>konzeptuelle Reaktion</i> (in %).	97
6.6	Überblick über die korrekten Benennungen des Patienten zum jeweiligen Erhebungszeitraum für die emotionalen Bedingungen 100 % falsches Feedback, 75 % falsches Feedback und 25 % falsches Feedback (in %).	98
6.7	Links: Überblick über die Anzahl korrekt geschriebener Wörter bei der Aufgabe <i>Schreiben von Neologismen nach Diktat</i> für die Vortestungen (VT1, VT2, VT3) und die Nachtstung 1 (NT1). Rechts: Darstellung der korrekt geschriebenen Neologismen zu den jeweiligen Testzeitpunkten.	99
7.1	Darstellung einer möglichen roboterunterstützten Therapie mit einem Benennszenario. Dieses wird parallel zur konventionellen Therapie mit dem Sprachtherapeuten durchgeführt und findet zuhause oder in der Rehabilitationsklinik statt. Der Pfeil zwischen den beiden Therapieformen symbolisiert die Wechselwirkungen der beiden Therapieformen	110
7.2	Überblick über zwei weitere Szenarien, bei denen ein Roboter in der Sprachtherapie eingesetzt werden könnte. Dargestellt sind ein Sprachverständnisszenario links und ein Hörszenario rechts. Die grauen gestrichelten Pfeile im Hörszenario stehen für die möglichen Bewegungsrichtungen des Roboters. Eine Erklärung der Szenarien ist im Text erläutert.	112

9.1	Ergänzende Komponente zur Lenkung der Aufmerksamkeit des Patienten. Die einzelnen Prozesse sind aufgeteilt in eine Analyse des Blickverhaltens des Patienten (Gaze Analysis), einen Prozess zur Aufmerksamkeitslenkung (Attention Reallocation Process), bei dem eine verbale Äußerung aus dem Speicher (Attention Reallocation Memory) abgerufen wird und einen Prozess, bei dem der verbale Output generiert wird (Output Generation).	127
9.2	Modifizierte Version des für die Sprachtherapie angepassten Computermodell des Emotionalen Alignment von Damm et al. (2012) [68]; dieses Modell beinhaltet eine Emotionsarchitektur, die die emotionalen Alignmentmechanismen auf automatischer und konzeptueller Ebene beinhaltet, sowie eine Architektur zur Aufmerksamkeitserfassung und -lenkung des Interaktionspartners. Der Input erfolgt an drei Stellen. Input 1 kann auditiv oder visuell sein (Sprache oder Mimik), Input 2 ist auditiv und Input 3 visuell. Output 1 kann auditiv oder visuell sein, Output 2 ist auditiv und Output 3 ist ebenfalls auditiv.	128
9.3	Darstellung der dynamischen Grobstruktur des roboterunterstützten Benenntrainings.	131
9.4	Darstellung eines fiktiven beispielhaften Dialogs zwischen Roboter (R) und Patient (P) während des roboterunterstützten Benenntrainings.	132
9.5	Darstellung der emotionalen Reaktionen des Roboters basierend auf den Regeln der emotionalen Anpassung (<i>Mimikry, konzeptuell</i>) während des roboterunterstützten Benenntrainings.	133
9.6	Dynamische Struktur des Moduls zur Aufmerksamkeitslenkung des Patienten im roboterunterstützten Benenntraining.	135

Tabellenverzeichnis

3.1	Tabellarische Darstellung der akzeptanzfördernden und akzeptanzhemmenden Faktoren. Aufgeführt sind die einzelnen Faktoren, die auf der Basis der Angaben der Studienteilnehmer identifiziert werden konnten. Beispielhafte Äußerungen aus der Befragung sind hinter den jeweiligen Faktoren aufgeführt.	45
3.2	Tabellarische Darstellung von Beispielsätzen für die einzelnen Subskalen der Negative Attitudes towards Robots Scale (S1, S2 und S3; nach Nomura et al., 2004) [221]	51
5.1	Deskriptive Statistik der elektromyografischen Daten abgeleitet am M. corrugator supercilii und am M. zygomaticus major; (Bemerkung zur Kongruenz: 0 = inkongruent, 1 = kongruent).	78
6.1	Tabellarische Darstellung der mit den unterschiedlichen Bedingungen verknüpften Regeln. Dargestellt sind die Regeln für die Bedingungen <i>Mimikry</i> , <i>konzeptuelle Reaktion</i> und <i>Falsch</i> , auf deren Basis der Roboter auf die positiven, negativen und neutralen Ausdrücke des Patienten reagiert.	94

1 Einleitung

Die vorliegende interdisziplinär ausgerichtete Dissertation befasst sich mit dem Einsatz von Robotern bei Sprach- und Kommunikationsstörungen. Mit dieser Arbeit soll ein wichtiger Beitrag zur Konstruktion emotionaler und kommunikativer Verhaltensweisen eines Roboters im Kontext der Sprachtherapie geleistet werden. Während es einige Studien zur Teilerhabilitation, virtueller Realität oder zum Einsatz virtueller Agenten bei Patienten¹ mit Sprachstörungen gibt (s. z.B. Agostini et al., 2014 [1]²; Cherney, Kaye, & Hitch, 2011 [53]; Cherney & van Vuuren 2012 [54]; van Vuuren & Cherney, 2014 [301]; Hall, Boisvert, & Steele, 2013 [124]; Keck & Doarn, 2014 [160]; Theodoros, 2008 [290], Thiele et al., 2014 [292]), sind die Ergebnisse zum Einsatz eines Roboters in der Sprachtherapie überschaubar (Choe, Jung, Baird, & Grupen, 2013 [57]; Mubin & Al Mahmud, 2008 [213]). Die Fragestellungen dieser Arbeit sind daher grundlegend und die Ergebnisse sehr wichtig, da sie die Basis für weitere Forschung im Bereich der Robotik für die Sprachtherapie bilden.

1.1 Fragestellungen und Ziele

Das Thema dieser Arbeit entwickelte sich unter anderem aus dem Forschungsprojekt C2 *Communicating Emotions* des Sonderforschungsbereichs 673 *Alignment in Communication* heraus. Die Ergebnisse dieses Projektes verdeutlichen, dass Emotionen in der alltäglichen Kommunikation eine bedeutende Rolle spielen, wobei unterschiedliche emotionale Prozesse, wie die des *Emotionalen Alignment*, zum Tragen kommen (vgl. Damm, Malchus, Jaecks, Stenneken, & Wrede, 2012 [68]; Jaecks & Hielscher-Fastabend, 2008 [155]; Jaecks, Richter, Finkeldey, Rabsahl & Stenneken, 2012 [156]). Dies betrifft nicht nur die Interaktion zwischen Menschen, sondern auch die Interaktion zwischen einem Menschen und einem Roboter.

Die Motivation zur Untersuchung der Mensch-Roboter Interaktion in der Sprachtherapie begründet sich aus der Tatsache heraus, dass Roboter zunehmend in der Gesundheitsversorgung eingesetzt werden. Das Spektrum reicht dabei von Einsätzen in der Pflege (z.B. Broadbent, Stafford & MacDonald, 2009 [42]) und in der Betreuung (z.B. Bemelmans & Gelderblom, 2012 [22]) bis hin zu Einsätzen in der Therapie (z.B. Ricks & Colton, 2010 [243]). Die Gründe für diese fortschreitende Verbreitung neuer Technologien im Gesundheitssektor liegen unter anderem darin, betroffene Berufsgruppen (wie beispielsweise Krankenpfleger, Physio- oder

¹Die verwendete maskuline Sprachform wird in dieser Arbeit, der leichteren Lesbarkeit halber, durchgängig verwendet. Sie meint jedoch immer auch das andere Geschlecht.

²Der in dieser Dissertation verwendete Zitationsstil entspricht den Richtlinien der 6. Edition der American Psychological Association Literaturverzeichnis ausgenommen, wobei hinter den Zitationsangaben (Autorennamen und Jahreszahl) zusätzlich eine Zahl steht, die auf den entsprechenden Eintrag im Literaturverzeichnis hinweist. Das Literaturverzeichnis wurde mit Mendeley, Bibtex und dem entsprechenden bibliographystyle *abbrv* erstellt.

Sprachtherapeuten) zu entlasten und darüber hinaus eine höhere Anzahl an Personen zu versorgen (s. Becker et al., 2013 [19]). Dies erscheint notwendig, betrachtet man die Zahlen des Bundesamtes für Statistik, nach derer eine proportionale Zunahme älterer Menschen in der Bevölkerung und somit auch der Anteil versorgungsbedürftiger Menschen prognostiziert wird (Bundesamt für Statistik, 2009 [45]).

Die Studien von Malchus, Thiele, Jaecks und Stenneken (2012) [197] und Thiele, Malchus, Jaecks und Stenneken (2012) [293] konnten zeigen, dass Emotionen ein hoher Stellenwert im Rahmen sprachtherapeutischer Behandlungen zugeschrieben wird. Auch Lüdtkke (2012) [189] betont die Notwendigkeit der Berücksichtigung emotionaler Aspekte im Rahmen der Therapie. Ihrer Aussage nach wird Emotionen, trotz nachgewiesener hochrangiger Bedeutsamkeit, zu wenig Raum in der Therapie gegeben.

Diese Ergebnisse geben Anlass zu überprüfen, inwieweit emotionale Verhaltensweisen eines Roboters für die Sprachtherapie hilfreich sein können und über welche sprachlichen und kommunikativen Kompetenzen er verfügen muss, damit er in der Sprachtherapie u.a. bei den Störungsbildern Aphasie und Autismus-Spektrum-Störung³ eingesetzt werden kann. Vielversprechend erscheint das Ziel eines in der Sprachtherapie autonom agierenden Roboters. Die Entwicklung eines solchen Systems wäre jedoch, insbesondere da die Forschung zu Robotern in der Sprachtherapie ein Novum im Bereich der Gesundheits- und Rehabilitationsrobotik darstellt, zu weit gegriffen. Im Sinne eines iterativen Vorgehens werden daher zunächst fundamentale Fragen zum Einsatz eines Roboters in der Sprachtherapie bearbeitet, wie beispielsweise der Frage nach der Akzeptanz eines robotischen Systems in der Sprachtherapie. Diese hat einen entscheidenden Einfluss auf den Erfolg des Robotereinsatzes in diesem Kontext (s. u.a. Davis, 1989 [73]).⁴ Damit einhergehend ergeben sich Fragestellungen zu möglichen Szenarien, der Funktion des Roboters und den notwendigen technischen Anforderungen. Diese Fragen können, u.a. durch das Einbeziehen von Expertenmeinungen, beantwortet werden. Im Folgenden werden nun einige Fragestellungen formuliert, die für die Entwicklung eines autonomen Systems im Kontext der Sprachtherapie wegweisend sind. Diese beziehen sich, neben der Akzeptanz robotischer Systeme im Rahmen der Sprachtherapie, auf den Nutzen bzw. die Effektivität einer roboterunterstützten Therapie und den Stellenwert emotionaler Verhaltensweisen des Roboters. Ziel der Dissertation ist es, diese Fragen weitestgehend beantworten zu können und die gewonnenen Ergebnisse in ein Computermodell zum emotionalen Verhalten für Roboter in der Sprachtherapie mit einfließen zu lassen. Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung von Empfehlungen zur Konstruktion eines autonomen Systems für die Sprachtherapie. Diese basieren auf den in dieser Arbeit dargestellten Studien. Folgende Fragen werden im Rahmen dieser Dissertation bearbeitet, die sich in die Bereiche (1) Akzeptanz von Robotern in der Sprachtherapie, (2) Nutzen von Robotern in der Sprachtherapie und (3) Emotionales Verhalten von Robotern in der Sprachtherapie aufteilen lassen:

³Sowohl Aphasien als auch Autismus-Spektrum-Störungen werden in Kapitel 2 vorgestellt und erläutert.

⁴Unter Akzeptanz ist in dieser Arbeit eine positive Bewertung des Roboters durch einen Nutzer (z.B. Sprachtherapeut oder Patient mit Aphasie) zu verstehen. Hierbei wird sich an der Einteilung in eine Einstellungsakzeptanz, intentionale Akzeptanz und Verhaltensakzeptanz orientiert (s. Davis, 1989 [73]). Nähere Informationen zur Akzeptanz s. Kapitel 3.

-
- Werden Roboter in der Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen akzeptiert?
 - Gibt es Unterschiede zwischen professionellen und nicht professionellen Nutzern?
 - Wo und wozu können Roboter in der Sprachtherapie eingesetzt werden?
 - Welche Szenarien sind für einen Einsatz eines Roboters in der Therapie geeignet?
 - Bei welchen Störungsbildern ist der Einsatz eines Roboters sinnvoll?
 - Ist eine roboterunterstützte Therapie effektiv?
 - Welche Rolle spielt Emotionale Kongruenz in der roboterunterstützten Sprachtherapie?
 - Welche Rolle spielen emotionale Alignmentmechanismen wie Mimikry oder eine konzeptuelle Adaptation?
 - Muss ein Roboter im Rahmen der Sprachtherapie ein emotional fehlerfreies Verhalten zeigen?
 - Wie muss das Computermodell des Emotionalen Alignment für die Sprachtherapie angepasst werden?

Die Herleitung dieser Fragestellungen basiert auf Studien aus den Bereichen der Robotik und der Sprachtherapie, die in Kapitel 2 näher erläutert werden. Zudem wurden offene Fragen aufgegriffen, die Beer, Prakash, Mitzner und Rogers (2011) [20] im Rahmen ihres technischen Berichts hinsichtlich der Akzeptanz robotischer Systeme formulierten.

1.2 Methodik und Roboter

Um diese Fragen beantworten zu können, wurde eine Vielzahl an Methoden angewendet. Dies ermöglicht einen umfassenden Blick auf den Forschungsgegenstand, der nur durch ein multimethodales Vorgehen realisierbar ist (s. de Ruiter, 2013 [80]).

Das Forschungsdesign entspricht hierbei einem 7 - stufigen Prozess, bei dem gewonnene Erkenntnisse zum Teil in den darauf folgenden Studien umgesetzt und überprüft werden. Das große Ziel besteht, wie bereits beschrieben, in der Konstruktion eines autonomen Robotersystems für die Sprachtherapie. Da dieses Ziel jedoch zu weit gesteckt ist, entspricht das Ziel der vorliegenden Arbeit eine Art Leitlinie zur Konstruktion (insbesondere emotionalem Verhaltens) eines Roboters für die Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde zunächst die Erfassung wichtiger therapeutischer Kompetenzen von Sprachtherapeuten vorgenommen und darauf basierend Kompetenzen für einen Roboter in der Sprachtherapie formuliert (s. Kapitel 2). Um eine erste grobe Einschätzung zu den Einstellungen professioneller und nicht professioneller Anwender zu erhalten, erschien eine explorative Herangehensweise sinnvoll (s. Kapitel 3). Sie ermöglicht es, wichtige Aspekte für die Konstruktion eines Roboters zu identifizieren und einen natürlichen und unverfälschten Blick auf die Erwartungen und Wünsche der zukünftigen Nutzergruppen zu erhalten. Im Rahmen dieser Studien zur Einstellungsakzeptanz wurde auch die intentionale Akzeptanz gemessen. Diese beschreibt die Absicht einen Roboter in der Sprachtherapie zu nutzen. Nach der qualitativen Erfassung akzeptanzfördernder und akzeptanzhemmender Faktoren wurden experimentelle, hypothesenprüfende Studien zu unterschiedlichen emotionalen Verhaltensweisen des Roboters durchgeführt. Zunächst wurde eine Evaluation emotionaler

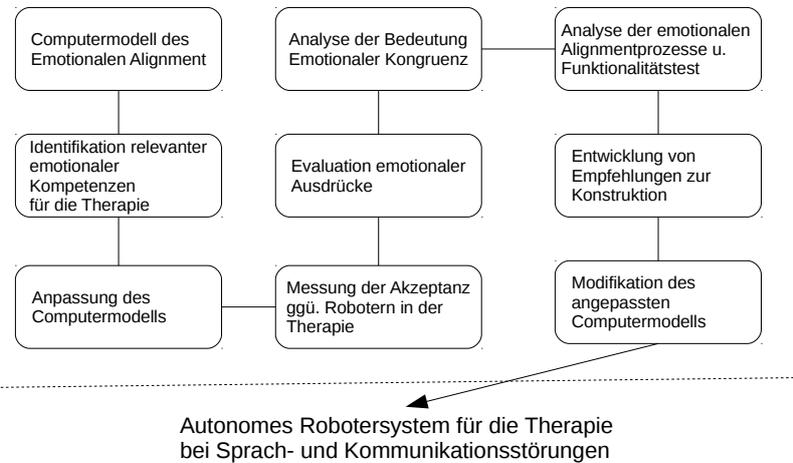


Abbildung 1.1: Überblick über das Forschungsdesign der vorliegenden Dissertation. Die Inhalte der Arbeit entsprechen den oberhalb der gestrichelten Linie aufgeführten Aspekten. Unterhalb der gestrichelten Linie ist das weit gefasste Ziel eines autonomen Roboters für die Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen benannt.

dynamischer Ausdrücke des Roboters Flobi, mit dem Ziel der Identifikation gut und schlecht klassifizierbarer Ausdrücke, vorgenommen (s. Kapitel 4). Im Anschluss daran wurden die fazialen Reaktionen auf emotionale Ausdrücke eines Roboters untersucht, mit dem Ziel Aufschluss über zugrundeliegende Prozesse der Wahrnehmung und Emotionsverarbeitung in der Mensch-Roboter Interaktion zu erhalten (s. Kapitel 5). Insbesondere der Aspekt emotionaler Inkongruenz rückte hierbei in den Fokus der Betrachtung. Die abschließende empirische Einzelfallstudie stellte eine Funktionalitätsstudie mit einem Wizard of Oz Design dar (s. Kapitel 6). In diesem Rahmen wurde ein Roboter in einem Therapieszenario getestet und mit variablen emotionalen Alignmentmechanismen (konzeptuelle und automatische Angleichung) ausgestattet. Diese Angleichungsmechanismen entsprechen den Ebenen des angepassten Computermodells (Kapitel 2.7). Die Auswirkungen der Reaktionen, die diesen Mechanismen zugrunde liegen, wurden im Rahmen der Studie näher analysiert. Ergänzend wurde der dritte Aspekt der Akzeptanz, die Verhaltensakzeptanz, in diesem Rahmen ebenfalls überprüft. Basierend auf allen Erkenntnissen werden Empfehlungen formuliert und ein von mir mitentwickeltes Computermodell emotionalen Verhaltens (Computational Model of Emotional Alignment, Damm et al., 2012 [68]) an den sprachtherapeutischen Kontext angepasst.

Ein Überblick über das Forschungsdesign dieser Arbeit ist in der Abbildung 1.1 dargestellt. In diesem ist das Ziel, die Entwicklung des autonomen Robotersystems für die Therapie unterhalb der Linie dargestellt, da es nicht Bestandteil dieser Arbeit ist. Hinsichtlich des methodischen Spektrums dieser Arbeit ist, neben Fragebögen wie beispielsweise der Negative

Attitudes towards Robots Scale (NARS, Nomura, Kanda, Suzuki & Kato, 2004 [221]) und Interviews mit den Studienteilnehmern, Reaktionszeit- und Verhaltensmessungen, insbesondere die Elektromyographie (EMG) hervorzuheben. Die Methodenvielfalt umfasst somit qualitative und quantitative, subjektive und objektive Messverfahren. Im Folgenden wird nun eine kurze Beschreibung der Messmethode EMG gegeben, bevor dann der in den Studien eingesetzte Roboter Flobi beschrieben wird.

1.2.1 Elektromyographie

Die Elektromyographie (EMG) ist eine Methode, bei der die elektrische Muskelaktivität mit Hilfe von Elektroden (Nadel- oder Oberflächen Elektroden) gemessen wird (s. Bruns & Praun, 2002 [44]). Das resultierende bioelektrische Signal kann so auf einem Computerbildschirm dargestellt und mit Hilfe spezieller Programme, wie der Analyzer Software (BrainProducts GmbH), bearbeitet und analysiert werden. Der Vorteil der Oberflächen-Elektromyographie liegt darin, dass dieses Verfahren nicht invasiv ist. Bei dieser Methode macht man sich zunutze, dass sich die Summenpotentiale elektrisch aktiver Muskelfasern durch den Widerstand des Gewebes hindurch bis zur Hautoberfläche ausbreiten (s. Bruns & Praun, S. 31 [44]). Mit Hilfe von Klebeelektroden können die Summenpotentiale registriert und in einem weiteren Schritt analysiert werden. Diese Möglichkeit zur elektrophysiologischen Ableitung wird in unterschiedlichen Kontexten genutzt. Eine häufige Anwendung findet die Elektromyographie bei der Diagnostik neuromuskulärer Erkrankungen (z.B. Pourmoghaddam et al., 2015 [236]; Rau & Disselhorst-Klug, 1997 [241]). Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Therapie von muskulären Beeinträchtigungen, wie z.B. Schluckstörungen. Hier dienen die graphischen Darstellungen der elektrischen Muskelaktivität als Feedback für den Patienten, damit dieser erkennen kann, wie stark ein Muskel an- oder entspannt wird (Hackenfort, Eckers, Birkmann, Kröger, & Neuschaefer-Rube, 2013 [122]).

Zudem wird die Methode in der Emotions- und Kommunikationsforschung angewendet (z.B. Dimberg, 1982 [83], Dimberg, Thunberg, & Elmehed, 2000, [84] Winkielman, Olszanowski, & Gola, 2015 [321]). Emotionale Gesichtsausdrücke, wie der Ausdruck von Freude oder Ärger, gehen mit Veränderungen in der Spannung eines fazialen Muskels einher. Diese Spannungsänderungen können in einem Elektromyogramm dargestellt werden. Das ermöglicht es Reaktionen zu erfassen, die so minimal sind, dass sie mit dem Auge nicht zu erkennen sind (s. Dimberg et al., 2000 [84]). Weiterhin lassen sich dadurch objektive Aussagen zum Ausmaß einer Reaktion treffen. Zur Messung der Reaktionen der Gesichtsmuskulatur werden die Elektroden direkt oberhalb des Muskels geklebt. Die Abbildung 1.2 (Abb. 1.2) zeigt eine schematische Darstellung der Elektrodenplatzierungen, wie sie in der Studie, die Inhalt des Kapitel 5 der vorliegenden Dissertation ist, vorgenommen wurden. Dargestellt sind die, für diese Arbeit relevanten, Muskeln (1) oberhalb der Augenpartie (M. Corrugator supercilii) und (2) im Mund-/ Wangenbereich (M. Zygomaticus major). Der M. Corrugator supercilii (Stirnrunzler) hat die Funktion die Augenbraue nach innen und nach unten zu ziehen. Die elektromyographische Ableitung der Aktivität dieses Muskels steht im Zusammenhang mit negativer Valenz und ist u.a. bei dem Ausdruck von Ärger oder Trauer aktiv (s. Fridlund & Cacioppo, 1986 [112]). Der M. Zygomaticus major (großer Jochbeinmuskel) hat die Funktion die Mundwinkel nach hinten und oben zu ziehen. Reaktionen positiver Valenz bzw. der Ausdruck von Freude lassen sich anhand dieses Muskels gut messen (s. Fridlund & Cacioppo, 1986 [112]).

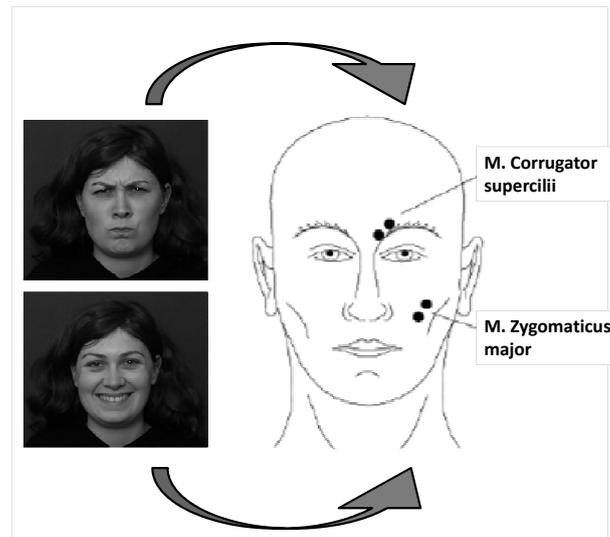


Abbildung 1.2: Schematische Darstellung der Elektrodenplatzierung für die Ableitung am M. Corrugator supercillii für Emotionen wie z.B. Ärger (s. Foto links oben) und am M. Zygomaticus major für Emotionen wie Freude (s. Foto links unten), adaptiert nach Tamietto und De Gelder (2008) [285].

1.2.2 Roboter Flobi

Zur Untersuchung des Forschungsgegenstands wird in den meisten der in dieser Arbeit vorgestellten Studien der Roboter Flobi (s. Hegel, Eyssel, & Wrede, 2010 [132]; Lütkebohle et al., 2010 [190]) eingesetzt. Dieser an der Universität Bielefeld entwickelte Roboterkopf entspricht der strukturalen Gestalt eines menschlichen Kopfes, der jedoch Attribute des Kindchenschemas aufweist (verhältnismäßig große Augen). Sein Gesicht verfügt über menschenähnliche Charakteristika, wie Augen, Nase und Mund. Dies kann zu einer Zuschreibung höherer mentaler Fähigkeiten und einer eigenen Persönlichkeit führen (s. Broadbent et al., 2013 [40]). In den Augen des Roboters sind 2 Kameras platziert. Mit dieser können beispielsweise die Gesten oder die Körperhaltung des Interaktionspartners aufgezeichnet werden. Die kleine angedeutete Nase stellt, ähnlich wie beim Menschen, den Gesichtsmittelpunkt dar. Die Lippen bestehen aus einer gummiartigen Substanz. Sie sind mit Hilfe von Magneten auf der Kopfkonstruktion angebracht und können sowohl für den Ausdruck von Emotionen bewegt werden, als auch begleitend zu einer sprachlichen Äußerung. Dies lässt den Roboter natürlicher erscheinen (s. Hegel, 2010 [132]). Die gesamte Kopfkonstruktion besitzt 18 Freiheitsgrade. Sowohl die Augen, die Augenlider, die Augenbrauen, der Mund und der Kopf sind beweglich. Dies ermöglicht es dem Roboter eine Vielzahl an Ausdrücken darzustellen. Zwei Aktoren dienen der Schrägstellung der Augenbrauen, jeweils drei Aktoren bewegen beide Augen, vier Aktoren bewegen die unteren und oberen Augenlider und sechs Aktoren sorgen dafür, dass die Ober- und Unterlippe separat hoch und runter bewegt werden kann. Zudem sind drei Aktoren für die Beweglichkeit des Nackens bzw. Halsbereichs zuständig. Durch diese Konstruktion ist der Roboter beispielsweise in der Lage die Augen zu schließen, mit dem Kopf zu nicken oder jemanden mit seinem Blick zu verfolgen (s. Lütkebohle et al., 2010

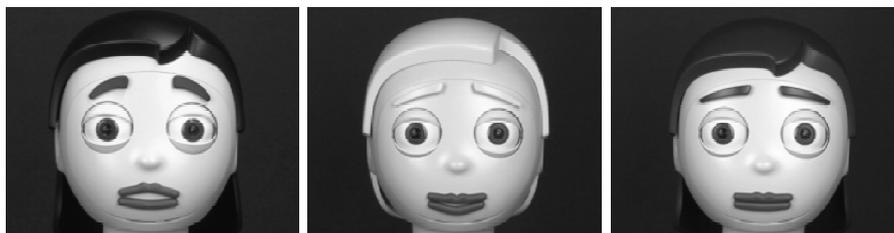


Abbildung 1.3: Fotos des an der Universität Bielefeld entwickelten Roboterkopfs Flobi mit unterschiedlichen Haarteilen, sowie einer Variation der Augenbrauen (außen links im Vergleich mit den anderen beiden).

[190]). Der Roboter Flobi bietet viele Vorteile gegenüber anderen robotischen Systemen, was dazu führte ihn im Rahmen dieser Dissertation zu nutzen. Der größte Vorteil liegt in seinem variablen Erscheinungsbild. Austauschbare Elemente, wie Haarteile in verschiedenen Längen, ermöglichen es, dass Flobi weiblich oder männlich wirken kann (s. Eyssel & Hegel, 2012 [102]). Neben den Haarteilen gibt es zudem unterschiedliche Augenbrauen und Mundpartien, die verschieden lang und breit und in mehreren Farben vorhanden sind. Da vor Beginn der Arbeit noch nicht absehbar war, inwieweit der eine oder andere Aspekt der äußeren Erscheinung des Roboters eine Rolle im Rahmen einer sprachtherapeutischen Intervention spielt, war die Möglichkeit einer schnellen, unkomplizierten Änderung des Aussehens exzellent. Ein weiterer Vorteil des Roboters liegt darin, dass er ein erprobter Forschungsroboter ist, mit dem bereits einige Studien durchgeführt wurden (z.B. Holthaus, Lütkebohle, Hanheide, & Wachsmuth, 2010 [145]; Kipp & Kummert, 2014 [163]; Lier, Schultz & Wachsmuth, 2014 [181]; Malchus, Damm, Jaecks, Stenneken, & Wrede, 2013 [194], Süßenbach, Pitsch, Berger, Riether, & Kummert, 2012 [281]). Die Resultate dieser Studien zeigen, dass er u.a. als Motivationscoach geeignet ist (s. Süßenbach et al., 2012 [281]) und emotionale Ausdrücke des Roboters positiv wahrgenommen werden (s. Hegel, 2010 [132]). Dies sind wichtige Voraussetzungen, damit er in einem sprachtherapeutischen Kontext akzeptiert wird. Darüber hinaus ist es von Vorteil, dass auch in Zukunft Forschung mit diesem Roboter betrieben werden. Dabei stehen nicht nur psychologische Fragestellungen im Vordergrund, sondern auch Fragen zur Hardware und Software. Die Ergebnisse dieser Arbeit können dazu beitragen, die Forschung an diesem robotischen System weiter voran zu bringen. Zusätzlich zur Kopfkonstruktion gibt es von dem Roboter Flobi eine virtuelle Version. Diese kam im Rahmen der EMG-Studie (Kapitel 5) zum Einsatz. Nicht zuletzt erfüllt der Roboter die wichtige Anforderung Emotionen über unterschiedliche Modalitäten ausdrücken und verstehen zu können. Ein Computermodell, das dem emotionalen Verhalten von Flobi zugrunde liegt, stammt beispielsweise von Damm et al. (2012) [68]. Auf dieses wird an späterer Stelle näher eingegangen werden (s. Kapitel 2.6). Der Roboter ist, u.a. mit verschiedenen Haarteilen, in Abbildung 1.3 dargestellt.

1.3 Gliederung

Im Folgenden werden die Inhalte der einzelnen Kapitel der vorliegenden Dissertation kurz dargestellt. Die Arbeit ist in 10 Kapitel untergliedert, die hinsichtlich ihrer Länge stark variieren. Dies hängt u.a. damit zusammen, dass manche Kapitel theoretischer, andere empirischer Natur sind. In einigen Kapiteln werden experimentelle Studien nur kurz beschrieben, während in anderen Kapiteln eine umfassende Ausführung der Studien aufgeteilt in Fragestellung, Methode, Ergebnisse und Diskussion vorgenommen wird. Diese Asymmetrie in der Beschreibung der Daten basiert darauf, dass manche Studien bereits veröffentlicht sind, wohingegen andere noch nicht publiziert wurden. Letztere werden daher detaillierter dargestellt.

Das **erste Kapitel** umfasste einleitende Worte zum Forschungsgegenstand der vorliegenden Dissertation. Hier wurde auf die Fragestellung der Arbeit eingegangen, auf das Forschungsdesign und die zahlreichen Methoden, die im Rahmen der Doktorarbeit zum Einsatz kamen. Darüber hinaus beinhaltet das Kapitel eine Beschreibung des Roboters Flobi und der Gliederung der Arbeit.

Das darauf folgende **zweite Kapitel** stellt das umfassendste Kapitel dar. Es beinhaltet den theoretischen Hintergrund der Arbeit. Zunächst werden für diese Arbeit relevante Bereiche der Robotik vorgestellt. Ebenso wird eine Arbeitsdefinition der Robotik für die Sprachtherapie gegeben. Inhalt des zweiten Kapitels ist weiterhin ein Überblick über Sprach- und Kommunikationsstörungen, wobei die Störungsbilder Aphasie und Autismus-Spektrum-Störung gesondert vorgestellt werden. Neben Grundprinzipien der Sprachtherapie wird auf therapeutische Kompetenzen des professionellen Personals eingegangen. Hierbei werden u.a. die Standards emotionaler und rekursiv-kommunikativer Kompetenzen von Sprachtherapeuten nach Homburg und Lüdtko (2003) [146] thematisiert. Vor dem Hintergrund einiger Studien zur Patient-Roboter Interaktion werden therapeutische Kompetenzen von Robotern identifiziert. Zudem wird auf Computermodelle eingegangen, die die Basis für das emotionale Verhalten eines Roboters darstellen. Das *Computermodell des Emotionalen Alignment* von Damm et al. (2012) [68] findet dabei besondere Berücksichtigung. Dieses wird, basierend auf der Literatur zu den therapeutischen Grundprinzipien und für die Therapie wichtigen emotionalen Kompetenzen eines Roboters, an den Kontext der Sprachtherapie angepasst. Bestandteile dieses angepassten Modells werden im Rahmen experimenteller Studien (s. Kapitel 5 und 6) näher untersucht.

In **Kapitel 3** wird auf die Akzeptanz robotischer Systeme eingegangen. Neben der Vorstellung einiger Akzeptanzmodelle, die in der Robotik diskutiert werden (z.B. das Technology Acceptance Model von Davis (1989) [73]), wird insbesondere die Einstellungsakzeptanz und die intentionale Akzeptanz gegenüber Robotern für die Sprachtherapie näher beleuchtet werden. Die erste Studie wurde zum Teil bereits von Malchus, Jaecks, Wrede und Stenneken (2013) [196] veröffentlicht. In diesem Zusammenhang wurde ein Stimmungsbild von 153 Sprachtherapeuten erhoben. In der zweiten Studie, die von Rieke [245] im Rahmen einer Masterarbeit durchgeführt wurde, geht es um die Einstellungen neurologischer Patienten mit Sprach-, Sprech-, und Schluckstörungen gegenüber einem möglichen Einsatz eines Roboters in der Therapie. Die Ergebnisse beider Studien werden miteinander verglichen und

Rückschlüsse für weitere Studien gezogen. In einem dritten Unterkapitel wird zudem eine bislang unveröffentlichte Studie zu den Einstellungen von Personen mit Autismus-Spektrum-Störung gegenüber Robotern eingegangen. Hier werden die Ergebnisse einer Befragung mit der Negative Attitudes towards Robots Scale (NARS, Nomura et al., 2004 [221]) präsentiert, sowie die Ergebnisse einer Wortassoziationsaufgabe zum Thema *Roboter*. Diese werden, unter Bezugnahme der von Damm et al. (2013) [67] veröffentlichten Studie zur Verhaltensakzeptanz der gleichen Versuchsgruppe mit Autismus-Spektrum-Störung, diskutiert.

In **Kapitel 4** wird die Entwicklung dynamischer emotionaler Stimuli beschrieben und die Ergebnisse der Evaluation der Videoaufzeichnungen vorgestellt. Es wird ein Vergleich hinsichtlich der Erkennung der robotischen und der menschlichen Ausdrücke vorgenommen und beschrieben, welche Emotionsausdrücke miteinander verwechselt wurden. Diese Ergebnisse wurden bereits im Rahmen des Interdisziplinären Kollegs in Günne vorgestellt (Malchus, Damm, Jaecks, Stenneken, & Wrede, 2012 [193]). Die Ergebnisse werden u.a. mit einer Studie von Hegel (2010) [132] in Verbindung gesetzt, der die statischen Ausdrücke des Roboters Flobi evaluierte. Ebenso wird ein Vergleich mit der Studie von Malchus et al. (2013) [194] vorgenommen. In dieser Studie wurden die Videoaufzeichnungen des Roboters nicht nur in einer kontrollierten Bedingung bewertet, sondern auch online über das Internet. Die Diskussion dieser Ergebnisse wird in diesem Kapitel vor dem Hintergrund der emotionalen Mensch-Roboter Interaktion vorgenommen. Die Bedeutung der Ergebnisse für den Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie wird in der abschließenden Gesamtdiskussion (Kapitel 7) beschrieben und diskutiert.

In **Kapitel 5** wird eine Studie vorgestellt, bei der der Stellenwert emotionaler Inkongruenz in der Mensch-Roboter Interaktion näher beleuchtet wird. Mit Hilfe eines EMG-Gerätes wird der Einfluss emotionaler Inkongruenz auf die fazialen Reaktionen der 104 Versuchsteilnehmer untersucht. Besondere Berücksichtigung fand hier die Frage nach Unterschieden zwischen den inkongruenten Ausdrücken eines Roboters und eines Menschen. Zudem wurde der Einfluss emotionaler Inkongruenz der Agenten (Roboter/Mensch) auf kognitive Parameter, wie der Gedächtnisleistung, untersucht. Während in diesem Kapitel die Ergebnisse vor dem Hintergrund der Mensch-Roboter Interaktion diskutiert werden, wird an späterer Stelle auf die Bedeutung der Ergebnisse für die Robotik bei Sprach- und Kommunikationsstörungen und für das angepasste Computermodell diskutiert (s. Kapitel 7). Teile dieses fünften Kapitels wurden bereits von Malchus, Damm, Jaecks, Stenneken und Wrede (2013) [195] veröffentlicht.

Kapitel 6 beinhaltet eine Funktionalitätsstudie mit einem Wizard of Oz⁵ - Design. Hier wurde sich an den Leitlinien zur Durchführung von Wizard of Oz - Studien von Riek (2012) [244] orientiert. Im Rahmen der Studie wurde ein roboterunterstütztes Benenningstraining mit einem Patienten mit amnestischer Aphasie im chronischen Stadium durchgeführt. Es wurde sich der Frage angenommen, wie eine solche Therapiesitzung gestaltet werden kann und ob ein roboterunterstütztes Training effektiv ist. Während im Kapitel zur Akzeptanz von Robotern (Kapitel 3) die Einstellungsakzeptanz und die intentionale Akzeptanz untersucht wurden, wurde an dieser Stelle die Verhaltensakzeptanz analysiert. Zudem wurde untersucht,

⁵Das Design einer Wizard of Oz - Studie bezieht sich darauf, dass eine Person, zumeist der Versuchsleiter, die Kontrolle über eine variable Anzahl an Verhaltensweisen eines Roboters hat, wie beispielsweise dessen Gesten oder Bewegungen (s. Riek, 2012, S.19 [244])

ob ein emotional fehlerhaftes Feedback des Roboters einen Einfluss auf die Ergebnisse der therapeutischen Intervention hat. Dazu wurde die Fehlerrate im emotionalen Feedback variiert (25, 75 und 100 % fehlerhaftes emotionales Feedback). Weiterhin fand eine Variation des emotionalen Alignmentverhaltens des Roboters hinsichtlich der emotionalen Mechanismen *Mimikry* und *konzeptuelle Angleichung* statt. Hierfür wurden Regeln aufgestellt, die in Kapitel 9 im modifizierten und an die Sprachtherapie angepassten Computermodell Berücksichtigung finden.

Kapitel 7 beinhaltet die Diskussion der Ergebnisse vor dem Hintergrund eines Roboter-einsatzes in der Sprachtherapie. Die Gliederung des Kapitels orientiert sich an den Fragen, die bereits in der Einleitung formuliert wurden. Diese Fragen betreffen die Akzeptanz, den Nutzen und das emotionale Verhalten von Robotern in der Sprachtherapie.

Basierend auf den Ergebnissen werden in **Kapitel 8** zudem Empfehlungen zur Konstruktion eines autonomen Roboters für die Sprachtherapie ausgesprochen. Diese können als eine Art Leitlinie für weitere Forschung in diesem Bereich herangezogen werden. Die Empfehlungen betreffen das äußere Erscheinungsbild eines Roboters und Aspekte der Konstruktion kommunikativer und emotionaler Kompetenzen. Zudem werden Übungen aus dem Bereich der Sprachtherapie empfohlen, bei denen eine Roboterunterstützung sinnvoll und hilfreich erscheint. Ebenso werden Störungsbilder aufgeführt, bei denen der Roboter zur Förderung der sprachlichen und kommunikativen Einschränkungen der Patienten eingesetzt werden kann. Die Basis für die Aussprache dieser Empfehlungen bilden Studien aus dem Bereich der Mensch-Roboter Interaktion (s. Kapitel 2) und die Ergebnisse der Studien, die in Kapitel 3, 4, 5 und 6 näher beschrieben werden.

Im **neunten Kapitel** wird das an die Sprachtherapie angepasste Computermodell des Emotionalen Alignment erneut diskutiert. Basierend auf den Ergebnissen der Studien zur *Emotionalen Inkongruenz* und zum *Emotionalen Alignment* (Kapitel 5 und 6), wird das Modell modifiziert und anhand einer dynamischen Struktur des Benennszenarios erläutert.

Den Abschluss bildet das **Kapitel 10**. Dieses umfasst eine Zusammenfassung und ein kurzes Fazit der vorliegenden Dissertation. Hier werden zudem die Konsequenzen der Ergebnisse für die Weiterentwicklung des Roboters Flobi angesprochen und ein Ausblick auf weitere Forschung in diesem neuen Forschungsbereich "Robotik für die Sprachtherapie" gegeben.

2 Robotik für die Sprachtherapie

Der Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie ist vielversprechend. In zahlreichen anderen Gebieten des Gesundheitssystems werden Roboter bereits getestet (s. Broadbent et al., 2009 [42]). Zur besseren Einordnung eines Roboters in der Sprachtherapie kann auf die *International Classification of Functioning, Disability and Health* (ICF, WHO, 2005 [326]) verwiesen werden. Mit Hilfe dieser lassen sich die Schwierigkeiten eines Patienten standardisiert beschreiben. Darüber hinaus werden Kontextfaktoren erläutert, die eine positive oder eine hemmende Wirkung haben können. Roboter werden in der ICF nicht explizit als Kontextfaktor aufgeführt, jedoch kann man unter dem Punkt *Umweltfaktor* den Begriff *Technologie* finden. Ein Roboter ist als Technologie zu werten und gilt daher ebenfalls als Umweltfaktor, der die Genesung und Rehabilitation eines Patienten im Sinne eines Hilfsmittels positiv beeinflussen kann (s. WHO, 2005 [326]).

Der Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie ist durch einige Besonderheiten geprägt. Während in vielen Studien zur Mensch-Roboter Interaktion von einer Asymmetrie der Kommunikation ausgegangen wird, die sich darin begründet, dass der Roboter in einigen Bereichen der Kommunikation Schwierigkeiten hat (z.B. im Sprachverständnis, s. Wrede, Kopp, Rohlfing, Lohse, & Muhl, 2010 [327]), liegt der Fall hier anders. Der Interaktionspartner des Roboters ist ein Patient, der ebenfalls Schwierigkeiten in einigen Bereichen der Kommunikation aufweisen kann (z.B. beim Sprachverständnis und in der Wortfindung, näheres unter 2.2). Insbesondere die Tatsache, dass jeder Patient individuelle Probleme in dem einen oder anderen sprachlichen Bereich hat (s. Tesak, 2006 [289]), macht eine Vorhersage möglicher Barrieren in der Kommunikation zwischen dem Roboter und dem Patienten schwierig.

Das folgende Hintergrundkapitel beinhaltet daher einen kurzen Überblick über Sprach- und Kommunikationsstörungen und grundlegende therapeutische Kompetenzen der behandelnden Sprachtherapeuten. Diese Erkenntnisse bilden die Basis zur Formulierung notwendiger Kompetenzen robotischer Systeme im sprachtherapeutischen Kontext. Insbesondere die kommunikativen und emotionalen Kompetenzen werden näher ausgeführt und das Computermodell des Emotionalen Alignment (Damm et al., 2012 [68]) detailliert beschrieben. Basierend auf den bis dahin aus der Literatur gewonnenen Erkenntnissen, wird das Computermodell für den sprachtherapeutischen Kontext angepasst. Es werden weiterhin robotische Systeme, die bereits in therapeutischen Szenarien getestet wurden, vorgestellt und Studien zum Einsatz von Robotern bei Sprach- und Kommunikationsstörungen aufgeführt. Zunächst wird die Robotik für die Sprachtherapie jedoch mit anderen Feldern der Robotik in Relation gesetzt und definiert.

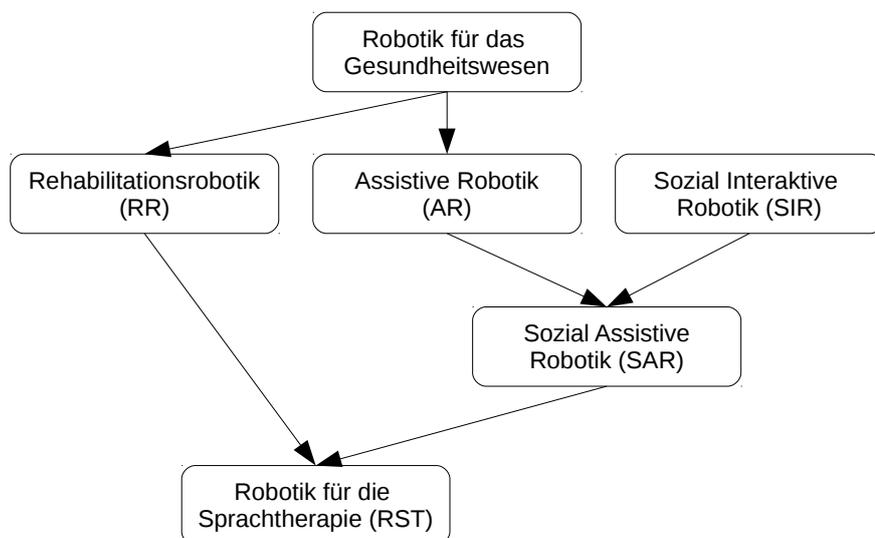


Abbildung 2.1: Überblick über ausgewählte Felder der Robotik, in der die Robotik für die Sprachtherapie (RST) eingeordnet werden kann. Die Robotik für das Gesundheitswesen umfasst sowohl die RR als auch die AR. Die RST ist ein Untergebiet der RR und der SAR, die wiederum ein Untergebiet der AR und der SIR darstellt.

2.1 Relevante Felder der Robotik und Arbeitsdefinition

Robotics for Healthcare bzw. Robotik für das Gesundheitswesen ist ein immer größer werdendes Forschungsfeld der Robotik. Dies liegt unter anderem an dem demographischen Wandel (Überalterung), einer erwarteten Knappheit des Personals im Gesundheitswesen, den Forderungen nach besserer Lebensqualität für Ältere mit und ohne Einschränkungen, sowie nach höherer Qualität der Versorgung (s. Gelderblom et al., 2009 [115]).

Roboter im Gesundheitswesen können dabei zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt werden. Sie können bei Operationen behilflich sein (Wykypiel et al., 2003 [328]), in der Pflege, Betreuung und Beobachtung von Patienten (Broadbent et al., 2011 [41]; Wada & Shibata, 2007 [308]), bei Arzt-Patienten Gesprächen (Takano et al., 2009 [284]) sowie bei Therapien (z.B. Physio- oder Sprachtherapie, s. Choe, Jung, Baird & Grupen, 2013 [57]). Je nach Einsatzort müssen die Roboter unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Ein Roboter für die Physiotherapie, der beispielsweise zur Verbesserung der Armbeweglichkeit eines Patienten eingesetzt wird, benötigt nicht zwangsläufig einen kompletten Körper oder soziale Eigenschaften. Es reicht ein metallisches Exoskelett, das die Bewegungen des Armes unterstützt und so die notwendigen, zahlreichen Wiederholungen der Bewegungen ermöglicht (s. Kwakkel, Kollen, & Krebs, 2007 [174]). Im Gegensatz dazu steht der Einsatz eines Roboters als *Bystander* während einer Arzt-Patienten Kommunikation (s. Takano et al., 2009 [284]). Hier soll der Roboter die Funktion einer zusätzlichen Person bzw. Persönlichkeit übernehmen,

wofür er über menschliche Attribute verfügen muss. In diesem Szenario soll der Roboter nicht nur aussehen wie ein Mensch, sondern sich auch so verhalten und Gesten und Bewegungen wie ein Mensch ausführen.

Die Möglichkeiten der Robotik im Gesundheitswesen sind, wie diese Beispiele zeigen, sehr umfassend. Butter et al. (2008) [46] definieren Roboter für Medizin und Gesundheitsversorgung als Systeme, die in der Lage sind koordinierte mechatronische Aktionen auf der Basis von Informationsprozessen durchzuführen. Ziel dieser Anwendungen ist es, die Funktion beeinträchtigter Personen zu unterstützen, ebenso wie die Rehabilitation, Pflege und medizinische Versorgung. Zudem sollen sie Menschen in präventiven Gesundheitsprogrammen helfen (vgl. Butter et al., S.12 [46]).

Da die Robotik für die Sprachtherapie (RST) noch nicht näher definiert ist, beschreibe ich im folgenden einige Bereiche der Robotik, in die die RST eingeordnet bzw. untergeordnet werden kann. Für diese Arbeit ist, neben der Robotik für das Gesundheitswesen, das Feld der Rehabilitationsrobotik (*Rehabilitation Robotics*, RR) relevant. Während bei Gelderblom et al. (2009) [115] unter der Robotik für rehabilitative Behandlungen auch der Bereich der Roboterassistenz für mentale, kognitive und soziale Therapie fällt, wird in vielen Definitionen zur Rehabilitationsrobotik auf Therapiehilfen bei Arm, Hand oder Beinbeschwerden fokussiert (z.B. Krebs et al., 2004 [170]). So beschreiben Frumento, Messier und Montero (2010) [113] die Rehabilitationsrobotik als spezielle Branche der Robotik, bei der Maschinen in Vordergrund stehen, die eingesetzt werden können um Menschen, die verschiedene physikalische Traumata erlitten haben, bei ihrer Genesung zu unterstützen und diesen bei alltäglichen Aktivitäten zu assistieren (Frumento et al., 2010, S.3 [113]).

Ein weiteres Forschungsfeld der Robotik, das für diese Dissertation von Bedeutung ist, wird unter dem Begriff *Sozial Assistive Robotik* (*Socially Assistive Robotics*, SAR) zusammengefasst. Die SAR bildet eine Schnittstelle zwischen der Assistiven Robotik (*Assistive Robotics*, AR) und der Sozial Interaktiven Robotik (*Socially Interactive Robotics*, SIR). Feil-Seifer und Mataric (2005) [104] erklären, dass die SAR und die AR das gleiche Ziele verfolgen. Dieses besteht darin, menschlichen Nutzern zu assistieren. Im Gegensatz zur AR steht bei der SAR jedoch die Assistenz durch soziale Interaktion im Fokus. Die SAR ist daher spezifischer. Durch die Betonung der sozialen Interaktion teilt die SAR auch mit der SIR ein Ziel. Dieses besteht darin, eine starke und effektive Interaktion mit einem menschlichen Benutzer aufzubauen. Sozial interaktive Roboter sind in der Lage Emotionen wahrzunehmen und selber auszudrücken. Sie können soziale Beziehungen zu einem Menschen herstellen und diese aufrechterhalten. Sie weisen eine eigene Persönlichkeit auf, haben einen Charakter und können über weitere soziale Kompetenzen verfügen, wie z.B. interaktive Gesten zu gebrauchen. Diese Kompetenzen dürften zum Großteil auch auf die sozial assistiven Roboter zutreffen. Nach Feil-Seifer und Mataric (2005) [104] ist weiterhin die physikalische Präsenz des Roboters und der geteilte physikalische Kontext respektive Raum ein fundamentaler Grundbestandteil der SAR. Dies gilt grundsätzlich für die Robotik, wird an dieser Stelle jedoch betont, um die Vorteile sozial assistiver Roboter im Vergleich zu virtuellen Assistenzsystemen herauszustellen.

Die Robotik für die Sprachtherapie (RST) dürfte sowohl ein Untergebiet der Rehabilitationsrobotik sein, geht man von der Beschreibung von Gelderblom et al (2009) [115] aus, als

auch ein Untergebiet der Sozial Assistiven Robotik (SAR). Einen Überblick über die Gebiete der Robotik, die mit der RST im Zusammenhang stehen, bietet Abbildung 2.1. In dieser Abbildung ist sowohl die Robotik für das Gesundheitswesen darstellt, als auch die RR, die AR, die SAR, die SIR und die RST. In Anlehnung an die Beschreibungen der aufgeführten Gebiete der Robotik wird an dieser Stelle folgende Arbeitsdefinition für die RST formuliert:

Die Robotik für die Sprachtherapie (RST) beschäftigt sich mit dem Einsatz sozial assistierender Roboter im sprachtherapeutischen Kontext. Die Roboter können bei der Behandlung von Sprach- und Kommunikationsstörungen eingesetzt werden. Ziel des Robotereinsatzes ist es, den Sprachtherapeuten in der Therapie zu unterstützen. Der Roboter kann dabei als Werkzeug oder Methode eingesetzt werden. Er hilft dem Patienten bei der Rehabilitation oder der Förderung sprachlicher und kommunikativer Fähigkeiten, wie beispielsweise dem korrekten Benennen von Objekten. Der Einsatz des Roboters findet im Rahmen einer konventionellen Sprachtherapie durch einen Sprachtherapeuten statt oder ergänzend zu dieser. Keinesfalls ist der Roboter als Ersetzung des Therapeuten zu sehen.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation soll das Feld der RST in therapielevanten Szenarien näher untersucht werden. Dabei wird sich an der Arbeitsdefinition orientiert. Die in der Definition erwähnten Sprach- und Kommunikationsstörungen werden im folgenden Absatz näher beschrieben und erläutert.

2.2 Sprach- und Kommunikationsstörungen

Nach den Richtlinien der American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) [4] ist eine Kommunikationsstörung eine Beeinträchtigung der Fähigkeit Konzepte oder verbale, nonverbale oder grafische Symbolsysteme zu erhalten, senden, verarbeiten und zu verstehen. Dabei kann der Schweregrad von milden bis hin zu schweren Beeinträchtigungen variieren. Kommunikationsstörungen können entwicklungsbedingt oder erworben sein. Individuen können dabei in einem Bereich betroffen sein oder eine Kombination mehrerer Kommunikationsstörungen aufweisen. Die Kommunikationsstörung kann sowohl die primäre Störung sein, aber auch als sekundäre Begleiterscheinung bei anderen Störungsbildern auftreten.

Sprachstörungen sind, den Richtlinien der ASHA [4] nach, der Kommunikationsstörung untergeordnet. Demnach ist eine Sprachstörung zwangsläufig auch eine Kommunikationsstörung (jedoch nicht vice versa). Eine Sprachstörung kann, nach Angabe der ASHA [4], die Form der Sprache (Phonologie, Morphologie, Syntax), den Inhalt der Sprache (Semantik), sowie die Funktion der Sprache (Pragmatik) betreffen. Dabei ist das Verständnis und/oder die Produktion gesprochener und/oder geschriebener Sprache und/oder anderer Symbolsysteme gestört (s. ASHA, [4]).

Zur Unterscheidung zwischen Sprach- bzw. Kommunikationsstörungen können nicht nur ätiologische Gesichtspunkte eine Rolle spielen, sondern auch lokalisatorische, sofern eine Hirnschädigung Ursache der sprachlichen bzw. kommunikativen Beeinträchtigung ist (Huber, Poeck, & Weniger, 2006 [147]). Für diese Arbeit von Belang sind hauptsächlich zwei

Störungsbilder, bei denen sowohl die Kommunikation als auch die Sprache betroffen sein kann. Die beiden Störungsbilder sind zum Einen Aphasien und zum Anderen Autismus-Spektrum-Störungen.

2.2.1 Aphasien

Unter der Sprachstörung *Aphasie* ist eine sprachliche Beeinträchtigung zu verstehen, die alle vorhin beschriebenen linguistischen Ebenen betreffen und bei der sowohl das Verständnis, als auch die Produktion mündlicher und/ oder schriftlicher Sprache beeinträchtigt sein kann (Böhme, 2003 [27]). Sie ist zumeist Folge eines Schlaganfalls und kann Kinder und Erwachsene treffen, wobei der Anteil älterer Aphasiker deutlich höher liegt. Dadurch, dass es sich um eine erworbene Sprachstörung handelt, ist sie von Sprachentwicklungsstörungen abzugrenzen. Der Schweregrad und die Ausprägung von Aphasien können interindividuell variieren. Dies hängt u.a. mit der Größe, der Lokalisation der betroffenen Regionen, sowie der Art der Schädigung im Gehirn zusammen (vgl. Huber et al., 2006 [147]). Klassische Ansätze unterteilen in verschiedene Formen bzw. Syndrome von Aphasien, die sich hinsichtlich der Symptome und dem Schweregrad unterscheiden. Häufige Formen, sogenannte Standardsyndrome, sind die globale Aphasie, die Broca-Aphasie, die Wernicke-Aphasie und die amnestische Aphasie. Weniger häufig werden Leitungsaphasien oder transkortikale Aphasien, wie die transkortikal-motorische Aphasie und die transkortikal-sensorische Aphasie beobachtet. Darüber hinaus gibt es Aphasien, die nicht klassifizierbar sind (vgl. Böhme, 2003 [27]).

Symptome, die bei einer Aphasie auftreten, erstrecken sich auf alle linguistischen Ebenen. Probleme beim Sprachverständnis können z.B. einzelne Wörter betreffen oder das Verständnis von Relationen oder ironischen Äußerungen. Schwierigkeiten kann es zudem im Wortabrufen, sowie bei der Produktion von Wörtern und Sätzen. Dies kann beispielsweise zu Satzabbrüchen, dem Fehlen von Funktionswörtern oder zu Satzteilverdopplungen führen (vgl. Huber et al., 2006 [147]). Weiterhin können semantische oder phonematische Paraphasien¹ auftreten. Ebenso kann es zur Produktion von Neologismen² kommen.

Neben den linguistischen Beeinträchtigungen können parallel auch Schwierigkeiten in anderen Bereichen auftreten. Studien (z.B. Hielscher, 2001 [139]; Breitenstein, 1995 [37]; Breitenstein, Daum, Ackermann, Lütgehetmann, & Müller, 1996 [38]) konnten zeigen, dass Patienten mit neurologischen Beeinträchtigungen (wie beispielsweise Patienten mit Aphasie) Probleme mit der Verarbeitung emotionaler Informationen haben können. Dies betrifft sogar Modalitäten, die erwartungsgemäß eigentlich nicht beeinträchtigt sein sollten (z.B. die Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke bei Patienten mit Aphasie, Jaecks & Hielscher-Fastabend, 2008 [155]). Jaecks und Hielscher-Fastabend (2008) fanden Unterschiede im Bereich der *Emotional Contagion*³ zwischen Patienten mit Aphasie und gesunden Kontrollprobanden gemessen via der Emotional Contagion Scale (ECS), (s. Doherty, 1997 [86]). Zudem konnten

¹Eine semantische Paraphasie ist ein Wort, das mit dem eigentlich gesuchten Wort semantisch verwandt ist, wohingegen eine phonematische Paraphasie eine Entstellung eines oder mehrere Teile eines Wortes darstellt (s. Franke, 2004 [109]). Ein Beispiel für eine semantische Paraphasie ist das Wort *Hund* statt *Katze*, ein Beispiel für eine phonematische Paraphasie ist *Tuch* statt *Buch*.

²Ein Neologismus ist ein Wort, das im normalen Sprachgebrauch aus bedeutungsmäßigen oder lautlichen Gründen nicht vorkommt (s. Franke, 2004 [109])

³Der Begriff der *Emotional Contagion* wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels näher erläutert (s. Abschnitt 2.4)

die Autoren zeigen, dass die Patienten mit Aphasie insbesondere Schwierigkeiten bei der Erkennung emotional inkongruenter Ausdrücke hatten (gemessen mit der Tübinger Affekt Batterie (TAB) , s. Bowers, Blonder, & Heilman, 1991 [33]; Breitenstein et al., 1996 [38]).

2.2.2 Autismus-Spektrum-Störungen (ASS)

Ebenso wie beim Störungsbild *Aphasie*, kann eine Autismus-Spektrum-Störung (ASS) interindividuell verschieden sein. Während bei einer Aphasie die sprachlichen Einschränkungen im Vordergrund stehen, stellen bei Autismus-Spektrum-Störungen die sprachlichen und kommunikativen Einschränkungen nur einen Teil der Beeinträchtigungen dar. Die einzelnen Symptome bei ASS können, ausgehend von einem Kontinuum, unterschiedlich stark ausgeprägt sein (s. Dodd, 2007 [85]). Unterschiede in der Ausprägung sind sowohl zwischen Personen mit ASS zu beobachten, als auch bei einer Person hinsichtlich verschiedener Bereiche. Die Schwierigkeiten von Personen mit ASS können insbesondere den Bereichen Kommunikation, soziale Beziehungen sowie repetitives Verhalten und eingeschränkte Interessen zugeordnet werden (Dodd, 2007 [85]). Zur Klassifikation von ASS wird die *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems* (ICD-10) oder das *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-V) herangezogen. Für eine Diagnose, beispielsweise eines frühkindlichen Autismus, eines Asperger-Autismus oder eines atypischen Autismus, müssen bestimmte Problemverhalten in den Bereichen der vorhin erwähnten Trias (Kommunikation, soziale Beziehungen, repetitives Verhalten/ingeschränkte Interessen) in jeweils unterschiedlicher Ausprägung und Zusammensetzung vorliegen. Neben den Klassifizierungen durch den ICD-10 und der DSM-V wurde, aufgrund der Diversität von ASS, versucht eine alternative Subtypisierung vorzunehmen. Eine verbreitete klinische Einteilung ist daher die in *high-functioning* und *low-functioning*, die sich auf den Aspekt einer über- oder unterdurchschnittlichen Intelligenz bezieht. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass die Einteilung nicht auf die Fähigkeit zur Alltagsbewältigung abzielt. Jemand der als *high-functioning* eingestuft wird, kommt im Alltag nicht zwangsläufig besser klar als jemand, der als *low-functioning* klassifiziert wird (s. Bölte, 2009 [28]). Sprachliche Beeinträchtigungen treten zumeist bei der Form eines frühkindlichen Autismus auf. Sprachprobleme gehören in diesem Zusammenhang zu den meistgenannten Gründen für die Erstvorstellung eines Kindes mit ASS (Wolf, Fein, & Akshoomoff, 2007 [324]). An dieser Problematik wird im Rahmen der Sprachtherapie gearbeitet. Nach Dodd (2007) [85] können die sprachlichen Beeinträchtigungen das Sprachverständnis und die Sprachproduktion betreffen, wobei sowohl die gesprochene, als auch die Schriftsprache beeinträchtigt sein kann. Wilkinson (1998) [320] berichtet, dass unter anderem die Prosodie bei Personen mit ASS auffällig sein kann, semantische Paraphrasien und Neologismen beobachtbar sind, Personalpronomen vertauscht werden und der Wortschatz bei einem bestimmtem Vokabular bzw. semantischem Feld eingeschränkt sein kann (s. auch Lee, Hobson, & Chiat, 1994 [176]; Volden & Lord, 1991 [305]). Neben der Sprache ist zudem die Kommunikation betroffen. Nicht selten werden ungeschriebene Gesetze einer Konversation missachtet (Loveland, Steinberg, Pearson, Mansour, & Reddoch, 2001 [187]). Die Betroffenen haben häufig Schwierigkeiten dem Gesprächspartner zu folgen oder einen Blickkontakt mit dem Kommunikationspartner aufzubauen und aufrecht zu erhalten (s. Wilkinson, 1998 [320]). In Bezug auf emotionale Aspekte in der Kommunikation beschreiben Emerich, Creaghead, Grether, Murray und Grasha (2003) [98], dass manche der Personen mit ASS Schwierigkeiten beim Herauslesen emotionaler Informationen aus der Prosodie haben können. Dies betrifft

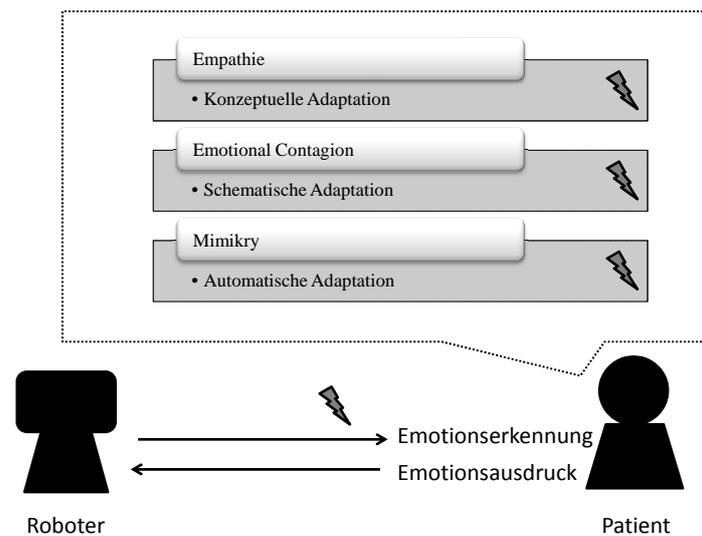


Abbildung 2.2: Schematische Darstellung einer Roboter-Patient Interaktion: Aufgezeigt sind zudem die menschlichen emotionalen Angleichungsprozesse der automatischen, schematischen und konzeptuellen Adaptation (vgl. Damm et al., 2011 [66]). Die Bezeichnungen Emotionserkennung und Emotionsausdruck sind aus Sicht des Patienten zu sehen. Die Blitze stehen symbolisch für eine mögliche Beeinträchtigung des Patienten in den entsprechenden Bereichen. Die Begriffe *Empathie*, *Emotional Contagion* und *Mimikry* werden in Kapitel 2.6 näher erläutert.

z.B. das Verständnis von Ironie, Scherzen oder Andeutungen. Generell kann es zu Problemen bei der Erkennung, Verarbeitung und dem Ausdruck von Emotionen kommen (s. Dodd, 2007 [85]). So können Personen mit ASS Probleme mit der emotionalen Ansteckbarkeit haben (Gigant & Esposito Ziello, 2009 [117]), bei unwillkürlicher *Mimikry* (McIntosh et al., 2006 [201]) oder im Bereich *Empathie* (Baron-Cohen, 2004 [12]). Hinsichtlich der Schwierigkeiten bei der Erkennung emotionaler Ausdrücke von Personen mit ASS ist die Literatur widersprüchlich. Einige Studien berichten von Problemen bei der Erkennung bzw. korrekten Klassifikation emotionaler Ausdrücke (z.B. Boraston, Blakemore, Chilvers, & Skuse, 2007 [29]; Braverman, Fein, Lucci, & Waterhouse, 1989; Dziobek, Bahnemann, Convit, & Heekeren, 2010 [90], Hobson, 1986 [142]; Wallace, Coleman, & Bailey, (2008) [311]). Andere Studien fanden hingegen keine Hinweise auf eine Beeinträchtigung der emotionalen Erkennungsleistung von Personen mit ASS (z.B. Hubert, Wicker, Monfardini, & Deruelle, 2009 [149]; Prior, Dahlstrom, & Squires, 1990 [240]; Rosset et al., 2008 [258]). Einen Überblick, welche emotionalen Bereiche sowohl bei Aphasie, als auch bei Autismus-Spektrum-Störung beeinträchtigt sein können, ist in Abbildung 2.2 dargestellt. Diese Abbildung basiert auf den Ergebnissen der Studien u.a. von Jaecks und Hielscher-Fastabend (2008) [155], Baron-Cohen (2004) [12], Giganti und Esposito Ziello (2009) [117] oder Oberman et al. (2009) [223], auf die in diesem Abschnitt der Arbeit bereits verwiesen wurde. Die dargestellten Schwierigkeiten können entweder bei Aphasie oder bei ASS auftreten, sowie ggf. bei beiden Störungsbildern. Erneut zu betonen ist, dass eine Person nicht in allen Bereichen Schwierigkeiten haben muss, aber haben kann.

Diese Schwierigkeiten können in den einzelnen Bereiche in unterschiedlich starker Ausprägung vorliegen. Das zugrunde liegende Störungsbild liefert Hinweise, welche Bereiche besonders betroffen sein können, es ist jedoch erforderlich, dass für jedes Individuum eine spezielle Analyse der Symptome vorgenommen wird. All diese Besonderheiten können einen Einfluss auf die Roboter-Patient Interaktion haben. Dies kann eine flexible Programmierung eines Roboters für die Sprachtherapie erforderlich machen, die es dem Roboter ermöglicht, sich an die unterschiedlichen Bedingungen anzupassen.

Einige robotische Systeme wurden bereits in der Interaktion mit Patienten mit Sprach- und Kommunikationsstörungen getestet. Dies gilt insbesondere für die Interaktion zwischen Personen mit ASS und einem sozialen Roboter. Im folgenden Abschnitt werden bedeutsame Studien aus diesem Forschungsbereich vorgestellt.

2.3 Studien zur Robotik bei Sprach- und Kommunikationsstörungen

In diesem Kapitel werden zunächst Studien vorgestellt, bei denen der Einsatz von Robotern im Kontext der Aphasietherapie untersucht wurde. Die darauf folgenden Studien untersuchten ebenfalls die Möglichkeiten der Unterstützung eines Roboters zur Förderung sprachlicher und kommunikativer Fähigkeiten. Sie wurden jedoch vorrangig im verhaltenstherapeutischen anstatt im sprachtherapeutischen Kontext durchgeführt. Die Patientengruppen, mit denen die verschiedenen robotischen Systeme interagierten, umfassten in diesem Zusammenhang vorrangig Kinder mit ASS. Außen vor bleiben an dieser Stelle Studien, in denen der Einsatz eines Roboters, beispielsweise bei Personen mit Demenz, untersucht wurde (s. Wada, Shibata, Musha, & Kimura, 2005 [309]; Wada & Shibata, 2007 [308]). Zwar kann auch diese Patientengruppe Sprach- und Kommunikationsstörungen aufweisen (s. Mesulam, 2003 [206]), die Studien zum Einsatz eines Roboters bei Patienten mit Demenz zielen jedoch meistens auf das Wohlbefinden und die soziale Isolation ab (Wada & Shibata, 2007 [308]).

2.3.1 Roboter in der Aphasietherapie

Spezifische Studien zur roboterunterstützten Sprachtherapie bei Patienten mit Aphasie stammen von Mubin und Al Mahmud (2008) [213] und von Choe et al. (2013) [57]. Letztere stellten die Ergebnisse ihrer Studie bereits im Rahmen einer Aphasiatagung in Fort Lauderdale (USA) vor (Choe, Jung, Baird, & Grupen, 2011 [56]). Im Folgenden werden beide Studien näher beschrieben. Die Studie von Mubin und Al Mahmud (2008) [213] geht auf den Einsatz sozialer Roboter bei amnestischer Aphasie ein. Die Autoren stellen ein Konzept vor, bei dem der Roboter die Interaktionsfähigkeit und insbesondere die Erzählfähigkeit von Patienten mit Aphasie fördert. Zudem soll der Roboter die Patienten mit Aphasie darin unterstützen, wieder aktiver ihren alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen. Mubin und Al Mahmud beziehen sich dabei auf Patienten mit milder bis mittel-stark ausgeprägter Aphasie, sowie relativ guten kognitiven Leistungen. Als robotisches System schlugen die Autoren den Roboter iCat vor. Dieser soll die Bedürfnisse des aphasischen Interaktionspartners wahrnehmen, verstehen und darauf reagieren. Der Patient mit Aphasie soll in diesem Szenario seine Bedürfnisse sowohl

verbal, als auch mit Hilfe von Gesten ausdrücken. Leider erfolgte nach der Vorstellung dieses Konzepts keine weitere Veröffentlichung einer experimentellen Studie, die beschreibt, wie sich die praktische Umsetzung gestaltete. Es bleibt offen, wie die Patienten mit Aphasie auf den Roboter reagieren und ob das roboterunterstützte Training effektiv ist. Im Gegensatz dazu führten Choe et al. (2013) [57] eine Studie durch, bei der ein humanoider Roboter in der Aphasietherapie eingesetzt wurde. In dieser Einzelfallstudie erhielt ein 72-jähriger Mann, der eine Aphasie im chronischen Stadium und eine rechtsseitige Hemiparese aufwies, Sprach- und Physiotherapie. In beiden Fällen wurde die Therapie von dem humanoiden Roboter durchgeführt. Dieser trug dazu bei, dass eine hohe Therapieintensität erreicht werden konnte und die Zugänglichkeit zur Rehabilitation nach Schlaganfall erleichtert wurde (Choe et al., 2011 [56]). Sowohl aus den Ergebnissen der Fragebögen, als auch aus den Ergebnissen der Funktionstestung nach der Therapie, ließ sich ableiten, dass der Einsatz des humanoiden Roboters zu positiven Effekten führte (Choe et al., 2013 [57]). Darüber hinaus sind der Autorin dieser Arbeit keine Studien zum Robotereinsatz bei Aphasie bekannt. Die meisten Studien zur Patient-Roboter Interaktion, die für die RST relevant sind, wurden mit Personen mit ASS durchgeführt. Wichtige Studien aus diesem Bereich werden im nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

2.3.2 Roboter in der Therapie von ASS

Ein zentrales Ziel eines Robotereinsatzes in der Autismustherapie ist es, mit den Kindern mit ASS an deren Sozialverhalten zu arbeiten und Situationen zu kreieren, in denen sie dieses üben können. Dass Roboter hierfür gut geeignet sind, zeigt unter anderem die Studie von Robins et al. aus dem Jahr 2006 [250]. In dieser Studie konnten die Autoren zeigen, dass Personen mit ASS sehr gerne mit einem Roboter interagieren und bei einem initialen Kennenlernszenario diesen sogar einem Menschen vorzogen. Die Gründe liegen laut der Autoren darin, dass es für die Personen mit ASS leichter sei mit Robotern den ersten Kontakt aufzunehmen und weil diese ihnen im Vergleich zu anderen Menschen mehr Zeit und Spielraum liefern. Da Roboter ein eher eingeschränktes, stereotypes Verhaltens- und Bewegungsmuster aufweisen, verhalten sie sich deutlich vorhersehbarer als Menschen und entsprechen daher vielleicht eher den kommunikativen Anforderungen der betroffenen Kinder.

Einer der populärsten Roboter, der in der Therapie von ASS eingesetzt wird, ist der Roboter Kaspar. Dieser wurde an der Universität Hertfordshire entwickelt und getestet (s. Dautenhahn et al., 2009 [72]). Dieser humanoide Roboter, der in etwa die Größe eines Kleinkinds aufweist, hat schwarze Haare, trägt Jeans, einen Pullover und eine Baseballmütze. Er ist in der Lage den Kopf, die Arme und die Beine zu bewegen. Zudem hat er bewegliche Augenlider und einen beweglichen Mund. Durch dieses breite Spektrum motorischer Fähigkeiten ist er in der Lage durch Gestik und Mimik zu kommunizieren. Kaspar ist durch Kabel, die aus seinem Rücken austreten, mit einem Laptop verbunden. Mit diesem kann der Roboter ferngesteuert und beispielsweise dazu gebracht werden zu winken, zu lächeln oder mit den Augen zu blinzeln. Studien, die mit Kaspar durchgeführt wurden, beschäftigen sich unter anderem mit der Frage, inwieweit eine taktile Kommunikationskomponente, wie beispielsweise sich die Hände zur Begrüßung schütteln, mit dem Roboter trainiert werden können (vgl. Robins, Amirabdollahian, & Dautenhahn, 2013 [249]; Robins, Dautenhahn, & Dickerson, 2012 [252]; Amirabdollahian, Robins, Dautenhahn, & Ji, 2011 [5]). Weitere Fragestellungen, die

mit dem Roboter Kaspar erforscht wurden, waren die Möglichkeit des triadischen Spiels zur Anbahnung eines kollaborativen Spielverhaltens (Wainer, Robins, Amirabdollahian, & Dautenhahn, 2014 [310]). Dautenhahn et al. (2007) führen zudem auf, dass Kaspar das Körperbewusstsein und Selbstempfinden der Betroffenen fördert. Weiterhin ruft der Roboter Freude und Begeisterung hervor und unterstützt damit einhergehend die Kind-Erwachsenen Interaktion. Der Roboter hilft, nach Angabe der Autoren, eine mögliche Isolation der Kinder zu brechen, ein kollaboratives Spiel zu managen und als Lehrer für soziale Fähigkeiten zu agieren (Dautenhahn et al., 2007 [70]). Aktuelle Studien mit diesem Roboter, beschäftigen sich mit der Frage, inwieweit die taktile Komponente sozialer Interaktionen, mit Hilfe des Roboters trainiert werden kann (Robins, Amirabdollahian, & Dautenhahn, 2013 [249]; Robins, Dautenhahn, & Dickerson, 2012 [252]; Amirabdollahian, Robins, Dautenhahn, & Ji, 2011 [5]). Während bei Kaspar speziell darauf geachtet wurde, dass er einen neutralen, vereinfachten Gesichtsausdruck aufweist, gibt es auch Forschungsgruppen, die untersuchen, inwiefern das Erkennen von emotionalen Gesichtsausdrücken mit Hilfe eines Roboters trainiert werden kann (z.B. Pioggia et al., 2005 [232]; Pioggia et al., 2008 [233]). Pioggia et al. (2005) [232] stellen in diesem Zusammenhang ein System vor, dass autistischen Kindern bei der Identifikation, Interpretation und Nutzung der emotionalen Informationen unterstützen soll. Die Kinder sollen lernen, diese Fähigkeit in einem sozial flexiblen und adaptativen Kontext einzusetzen. Das Therapieschema basiert dabei auf einer Reihe von Sitzungen, bei der ein Therapeut den Patienten anleitet, mit dem System durch eine interaktive Konsole zu kommunizieren. Eine weitere Studie zur roboterunterstützten Förderung emotional kommunikativer Fähigkeiten bei ASS stammt von Plaisant et al. (2000) [234]. Diese stellen einen Ansatz vor, bei dem der Roboter Kindern mit ASS hilft über Emotionen zu sprechen und diese auszudrücken.

Ein weiterer Roboter, der in der Therapie von ASS eingesetzt werden kann, ist Cosmobot (s. Wood, Lathan, & Kaufman, 2009 [325]). Dieser Roboter wurde nicht nur entwickelt um bei Kindern mit Autismus eingesetzt zu werden, sondern auch bei Cerebralparese, Entwicklungsdyspraxie oder spezifischer Sprachentwicklungsstörung. Der Roboter ist 16 Zoll groß und hat einen Kopf mit großen Augen und einem breiten Mund, sowie einen Körper, der mit blau-gelbem Plastik verkleidet ist. Er hat Rollen unter seinem Körper die es ihm ermöglichen sich fortzubewegen. Zudem sind seine Arme dank zweier Freiheitsgrade beweglich und ermöglichen so ein Heben und Senken des Armes, sowie der Schultern. Der Roboter kann daher mit den Schultern zucken, in die Hände klatschen oder Objekte greifen. Durch die zugehörige Software kann man den Roboter dazu bringen sich im Kreis zu drehen, vorwärts oder rückwärts zu gehen und den Arm zu heben. Der Roboter kann durch das Drücken bestimmter Knöpfe auf der Mission Control, einer Kommandoeinheit mit vier großen Knöpfen die mit der zugrundeliegenden Software verbunden ist, nicht nur vom Therapeuten gesteuert werden sondern auch von den Kindern. Dies ermöglicht eine grafisch sehr einfach gestaltete Benutzeroberfläche der Software. Zudem kann mit Hilfe der Software die Interaktion zwischen Roboter und Kind aufgezeichnet und gespeichert werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Steuerung des Roboters über sprachliche Befehle, die in ein Mikrofon gesprochen werden. Das Kind kann den Roboter beispielsweise mit dem Befehl *Vorwärts* nach vorne rollen lassen und mit *Rückwärts* nach hinten. Weiterhin gibt es die Option, dass der Therapeut oder das Kind durch den Roboter sprechen kann, indem es in das Mikrofon spricht. Der Roboter Cosmobot bewegt im Zuge dessen seinen Mund als würde er sprechen. Wood et al. (2009) [325] berichten von positiven Ergebnissen des Einsatzes von Cosmobot als Hilfsmittel zur Interaktion in der Sprachtherapie und in Klassenräumen. Der Roboter kann in diesem

Zusammenhang beim Lernen basaler Konzepte wie Reihenfolgen (zuerst, als zweites ...) oder physikalischer Verortung (vorne, hinten ...) assistieren. Als zusätzliche Besonderheit gibt es neben dem robotischen System eine virtuelle Version des Cosmobot. Diese kann entweder separat oder als Ergänzung zum Roboter eingesetzt werden und erweitert dadurch das Einsatzspektrum in der Therapie (s. Lathan, Brisben, & Safos, 2005 [175]).

In einer Studie von Simut et al. (2012) [272] wurde mit Hilfe des Roboters Probo an der Fähigkeit zur sozialen Interaktion bei Kindern mit ASS gearbeitet. Dabei erzählte der Roboter soziale Geschichten, um den Kindern beizubringen, wie man sich in „Kennenlernen“- , „Dankeschön“- , oder „Spielzeug teilen“- Situationen verhält. Die Studie ergab, dass die Probanden bei dem Einsatz des Roboters Probo häufiger spontan interagierten und zudem weniger Aufforderungen zur Interaktion benötigten im Vergleich zum Einsatz des menschlichen Therapeuten. Ein Grund dafür könnte in dem erhöhten Interesse an dem Roboter im Vergleich zum Therapeuten liegen, da dieser etwas Neues darstellte. Die Aufmerksamkeit war dadurch ggf. erhöht. Ein weitere Begründung liegt in dem maschinellen Charakter des Roboters, der ggf. dazu beitrug, die Hemmschwelle zur Interaktion herabzusetzen.

Ein weiterer Roboter, der Personen mit ASS den initialen Kontakt erleichtern kann, ist Nao (s. Shamsuddin et al., 2012 [271]). Dieser ca. 57 cm große, humanoide Roboter wurde von Aldebaran entwickelt. Von dem Roboter sind unterschiedliche Versionen verfügbar, die sich in der Anzahl ihrer Freiheitsgrade und verbauten Sensoren unterscheiden. Der Roboter ist in der Lage den Kopf, Arme und Beine zu bewegen und zu gehen. Er besitzt keine Mimik, sondern hat lediglich eine kleine Mundöffnung und Augen, die während des Betriebs leuchten können und 2 Kameras beherbergen. Durch seine zahlreichen Freiheitsgrade am Körper ist er in der Lage durch Körperhaltung und Gestik zu interagieren und Emotionen auszudrücken. Tapus, Peca, Aly und Pop (2012) [287] berichten von einer Reihe von Experimenten, bei denen sie die Interaktion zwischen Personen mit ASS und dem Roboter Nao analysiert haben. Dazu nutzten sie eine Spielsituation, in der die Probanden die Bewegungen des Roboters imitieren sollten. Hierbei zeigte sich, dass die Probanden verschieden auf den Roboter reagiert haben. Während zwei Kinder mit mehr Augenkontakt und Lächeln auf den Roboter im Vergleich zu einem menschlichen Gegenüber reagierten und ein Kind sogar mit mehr motorischen Imitationen, konnte für zwei weitere Kinder kein besonderer Effekt des Roboters nachgewiesen werden. Neben Studien, bei denen untersucht wurde, inwiefern ein Roboter und ein Kind mit Autismus zu zweit interagieren, gibt es weitere Studien, bei denen der Roboter als Vermittler zwischen Kind und Therapeut fungierte. Dies kann dazu beitragen, dass die sozialen Fertigkeiten, die bei einer Interaktion mit dem Roboter gelernt und eingesetzt werden, auch auf die Interaktion mit dem Therapeuten transferiert werden, sowie später, im Zuge einer Generalisierung, bei einer Interaktion mit den Eltern, Peers oder in einer größeren Gruppe eingesetzt werden (vgl. Giullian et al., 2010 [118]).

Die hier vorgestellten Studien untersuchten einzelne Aspekte der Mensch-Roboter Interaktion im therapeutischen Kontext. Häufig standen dabei soziale oder emotionale Fähigkeiten des Roboters im Vordergrund. Damit eine roboterunterstützte Therapie gelingen kann, sind jedoch weitere Punkte ausschlaggebend. Im folgenden wird daher kurz auf die Grundlagen der Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen, sowie auf therapeutische Kompetenzen des Fachpersonals eingegangen (z.B. Homburg & Lüdtkke, 2003 [146]). Diese werden bei den Überlegungen zur Konstruktion eines Roboters für die Sprachtherapie mit einbezogen.

2.4 Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen

Bei der Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen müssen einige Aspekte berücksichtigt werden, soll diese erfolgreich sein. Dies ist nicht nur für den Einsatz von Robotern relevant, sondern betrifft gleichwohl den Erfolg von Sprachtherapie im Allgemeinen. Diskutiert werden die Frequenz und die Dauer der Therapie, sowie unterschiedliche therapeutische Ansätze und Prinzipien zur Erreichung therapeutischer Ziele (z.B. Breitenstein et al. (2009) [39]; Cherney, Patterson, Raymer, Frymark, & Schooling, 2008 [55]; Kempf, Lauer, Corsten, & Voigt-Radloff, 2014 [161]; Sünderhauf, Rupp, & Tesak (2008) [280]). Der Erfolg einer Therapie misst sich dabei nicht nur an einer objektiven sprachlichen Verbesserung, sondern auch an der subjektiven Wahrnehmung der betroffenen Person und ihrem Wohlbefinden (s. z.B. Lyon et al., 1997 [191]). Standen früher hauptsächlich die Defizite in einzelnen sprachlichen Bereichen im Fokus der Therapie, geht man heute ganzheitlicher vor und beachtet noch vorhandene Fähigkeiten der Patienten und Kontextfaktoren, wie das Umfeld der zu behandelnden Person und deren Persönlichkeitsfaktoren (WHO, 2005 [326]). Grundlegendes Ziel einer Sprachtherapie ist die Befähigung zur Bewältigung von Alltagssituationen. Dabei hängen die Möglichkeiten jedoch von Aspekten wie dem Alter, dem Schweregrad oder persönlichen Faktoren, wie beispielsweise Sprachgewohnheiten ab (s. Böhme, 2003, S. 343 [27]). Eine Therapie kann sehr intim sein, da der Betroffene mehr oder weniger direkt mit seinen Schwierigkeiten und Stärken konfrontiert wird. In diesem Zusammenhang betont Lüdtker (2004) [188] die emotionale Qualität des Lernkontextes. Hierunter versteht Lüdtker vor allem eine gute Beziehung zwischen Therapeut und Patient. Die Akzeptanz des Gegenübers spielt eine große Rolle. Dies ermöglicht eine natürliche und ungezwungene Interaktion. Neben dem Stellenwert der Emotionen für die Therapeuten-Patienten-Beziehung betont Lüdtker (2004) [188] zudem die Bedeutung der emotionalen Expressivität für das sprachliche Lernen. Basierend auf einem relationalen didaktischen Ansatz erläutert sie, dass bei einem bewussten Einbeziehen der Emotionalität von Patienten schnellere und größere Lernfortschritte möglich sein können. Emotionalität wäre, noch vor der sachlichen Referenzialität, der wichtigste Antrieb bzw. Motor sprachlicher Lernprozesse (s. Lüdtker, 2004, S. 188 [188]). Zusammengefasst spricht sich Lüdtker für eine Einbeziehung emotionaler Aspekte sowohl auf lerntheoretischer als auch auf didaktischer Ebene in der Therapie aus. Diese sollten als professioneller Bestandteil der Sprachförderung etabliert werden (s. Lüdtker, 2004, S. 199 [188]).

Damit eine Therapie gelingen kann, muss ein Sprachtherapeut zudem über bestimmte therapeutische Kompetenzen verfügen. Grundlegend ist eine Kongruenz im Ausdrucksverhalten eines Therapeuten (Eckert, 2006 [91], Rogers, 1977 [256]). Weiterhin erläutern Homburg und Lüdtker (2003) [146], dass ein Therapeut Sachkompetenz benötigt, um didaktische Entscheidungen im Rahmen einer Therapie an den Aspekt der Sprache anzubinden. Die Autoren sind zudem der Ansicht, dass eine Methodenkompetenz für das therapeutische Handeln wichtig ist. Diese ist notwendig, um sprachspezifische Lerninhalte angemessen an den Patienten heranzuführen zu können (Homburg & Lüdtker, 2003, S. 128 [146]). Die dritte von Homburg und Lüdtker (2003) aufgeführte Kompetenz ist die sprachtherapeutische Dialogkompetenz. Mit dieser kann der interpersonale sprachdidaktische Kontext reguliert werden. Eine den sprachlichen Lernprozess unterstützende Beziehung kann so zwischen Therapeut und Patient hergestellt werden (s. Grohnfeldt & Lüdtker, 2013 [120]). Die sprachtherapeutische Dialogkompetenz umfasst die Fähigkeit Dialoge zu initiieren und im

weiteren Verlauf der Therapie dialogbasiert zu arbeiten. Nach Homburg und Lüdtkke (2003) [146] spielen im Dialog zwei Bereiche der Beziehungsgestaltung eine Rolle, die der sprachspezifisch emotionalen Kompetenz und der rekursiv-kommunikativen Kompetenz. Tabellarisch stellen die Autoren Standards für beide Kompetenzbereiche vor, die aufzeigen, über welche Fähigkeiten Sprachtherapeuten in der Beziehungsgestaltung während eines Dialogs verfügen. Die sprachspezifisch emotionale Kompetenz umfasst dabei z.B. die Fähigkeit Emotionen des Interaktionspartners zu erkennen, empathisch zu reagieren und eigene Emotionen multimodal ausdrücken zu können. Zudem kann der Therapeut eigene Emotionen, die nicht förderlich für die Therapie sind, unterdrücken. Unter der rekursiv-kommunikativen Kompetenz sind Fähigkeiten im kreativen Umgang mit Sprache gefasst. Darüber hinaus betonen die Autoren, dass der Therapeut über ein hohes Repertoire kommunikativer Strategien verfügt, Störungen auf der Beziehungsebene bemerkt und versucht diese Konflikte zu lösen.

Zusammengefasst gibt es somit einige Grundprinzipien in der Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen, die auch im Rahmen der roboterunterstützten Therapie berücksichtigt werden müssen. Die Standardkompetenzen eines Therapeuten bieten gute Anhaltspunkte für die Konstruktion notwendiger therapeutischer Kompetenzen eines Roboters. Im nächste Abschnitt wird daher näher auf die therapeutischen Kompetenzen von Robotern eingegangen.

2.5 Therapeutische Kompetenzen von Robotern

Roboter, die in der Therapie bei Sprach- und Kommunikationsstörungen eingesetzt werden sollen, müssen, damit eine natürliche Interaktion möglich ist, einige soziale, kommunikative und emotionale Eigenschaften aufweisen. Gelmans (2004) Theorie zufolge versuchen Menschen unbekannte Dinge stets in vorhandene Kategorien einzuordnen (siehe *essentialist theory of cognition* von Gelman, 2004 [116]). Ein Roboter, der zunächst etwas Neues, für den Menschen Unbekanntes darstellt, passt nicht in bisher gebildete mentale Kategorien hinein (s. Melson, Kahn, Beck, & Friedman, 2006 [203]). Die Konstruktion menschenähnlicher Eigenschaften oder Verhaltensweisen beim Roboter, wie kommunikative oder emotionale Reaktionen, erleichtert es den menschlichen Interaktionspartnern den Roboter einzuschätzen. Dies gilt für die Mensch-Roboter Interaktion im Allgemeinen, sowie die Interaktion im Rahmen einer Therapie im Speziellen. Unter sozialen Eigenschaften bzw. sozialer Kompetenz sind solche kognitiven, emotionalen und motorischen Verhaltensweisen zu verstehen, die in bestimmten sozialen Situationen langfristig zu positiven Konsequenzen führen (siehe Hinsch & Pfungsten, 2002, S.5 [141]). Eine dieser Kompetenzen betrifft die Kongruenz im Ausdrucksverhalten (Eckert, 2006 [91], Rogers, 1977 [256]). Welche Rolle diese beim Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie spielt, ist noch ungeklärt. Zudem kann sich an den von Homburg und Lüdtkke (2003) [146] vorgestellten Standards sprachtherapeutischer Kompetenzen orientiert werden. Da, nach Definition der RST (s. 2.1), ein Roboter in der Therapie sozial assistiert bzw. unterstützt, ist eine Dialogkompetenz, bestehend aus emotionalen und kommunikativen Kompetenzen wichtig.

In Abbildung 2.3 ist ein Modell der therapeutischen Kompetenzen, angepasst auf die roboterunterstützte Sprachtherapie, dargestellt. Es orientiert sich an dem Kompetenzmodell von Lüdtkke (2012) [189]. In dem hier dargestellten Modell obliegen dem Sprachtherapeuten weiterhin die Methoden- und die Sachkompetenz. Der Roboter verfügt über eine Dialogkompetenz, die es ihm ermöglicht auf natürliche Weise mit dem Patienten zu kommunizieren.

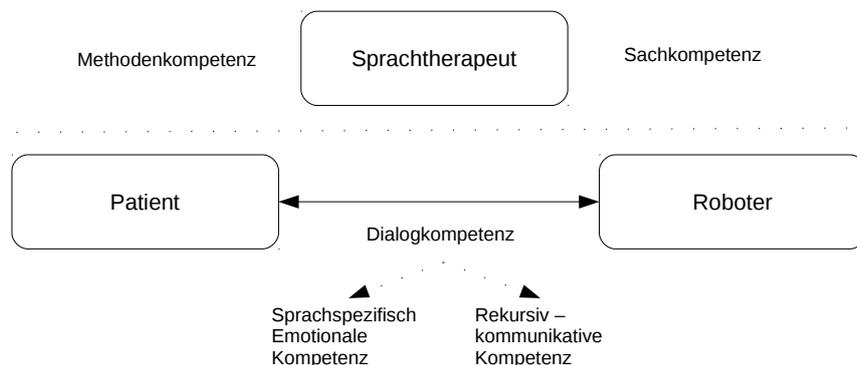


Abbildung 2.3: Auf den Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie angepasstes Modell therapeutischer Kompetenzen. In diesem Modell verfügt allein der Sprachtherapeut über die Methodenkompetenz und die Sachkompetenz, der Roboter hingegen besitzt eine Dialogkompetenz, die aufgeteilt ist in eine sprachlich emotionale Kompetenz und eine rekursiv-kommunikative Kompetenz. In Anlehnung an Lüdtkke (2012) [189].

Diese Dialogkompetenz ist aufgeteilt in eine sprachlich emotionale Kompetenz und eine rekursiv-kommunikative Kompetenz. Eine nähere Beschreibung der einzelnen Kompetenzen findet unter Einbezug relevanter Studien aus dem Bereich der Mensch-Roboter Interaktion statt. Rekursiv-kommunikative Kompetenzen eines Roboters, wie sie im Rahmen der Studien zur Mensch-Roboter Interaktion in der Therapie konstruiert wurden, betreffen den sprachlichen Ausdruck (Plaisant et al., 2000 [234]) oder den Ausdruck durch Mimik oder Gestik (Robins, Dautenhahn, & Dickerson, 2009 [251]). Unter Bezugnahme der von Homburg und Lüdtkke (2003) [146] aufgestellten Standards sprachtherapeutischer Kompetenzen, können die bisher umgesetzten kommunikativen Kompetenzen eines Roboters für die Sprachtherapie unter den Begriffen *Multimodalität* und *Störungsmanagement* zusammen gefasst werden. Ein Roboter der sich in der Therapie *multimodal ausdrückt* ist in der Lage mehrere Ausdrucksmodalitäten für die Vermittlung von (emotionalen) Informationen zu nutzen (s. Robins et al., 2009 [251]). Zudem kann er die Bedürfnisse eines Patienten beobachten und darauf reagieren (Störungen in der Kommunikation können so behoben werden, s. Mubin & Al Mahmud, 2008 [213]).

Hinsichtlich der emotionalen Kompetenz konnten Studien aus dem Bereich der emotionalen Mensch-Roboter Interaktion zeigen, dass es sich positiv auswirkt, wenn ein Roboter emotional agieren kann (z.B. Leite, Castellano, Pereira, Martinho, & Paiva, 2012 [177]; Leite et al., 2013 [178]). Hegel, Spexard, Wrede, Horstmann und Vogt (2006) [133] wiesen nach, dass emotionales Feedback im Kontext der Mensch-Roboter Interaktion bedeutsam ist. Die Teilnehmer der Studie fühlten sich bei einem emotionalen Feedback des Roboters wohler im Vergleich zu einer Situation, bei der sich ein Roboter neutral verhielt. Auch im therapeutischen Kontext gibt es Nachweise für eine positive Wirkung emotionaler Ausdrücke eines Roboters (z.B. Pioggia et

al., 2005 [232]). Die Autoren zeigten beispielsweise, dass emotionale Ausdrücke eines Androids die sozialen Fähigkeiten von Personen mit ASS verbessern kann. In Hinblick auf weitere, in Kapitel 2.3 vorgestellte, Studien zu Robotern in der Therapie bei Sprach- und Kommunikationsstörungen, schienen außerdem emotionale Kompetenzen wie das Erkennen von Emotionen und Bedürfnissen (Mubin & Al Mahmud, 2008 [213]; Liu, Conn, Sarkar, & Stone, 2008 [184]) und die Verarbeitung und Reaktion auf die Bedürfnisse (Mubin & Al Mahmud, 2008 [213]) für den Einsatz in der Therapie relevant. Tapus und Mataric (2008) [286] betonten darüber hinaus die Notwendigkeit empathischer Reaktionen robotischer Systeme im Kontext der rehabilitativen Therapie. In einer Studie von Liu et al. (2008) [184] konnte der Roboter sein Verhalten dem affektiven Zustand des autistischen Kindes anpassen. Diese Fähigkeit zur emotionalen Angleichung stellte sich als positiv im Rahmen der Interaktion heraus. Vergleicht man die beschriebenen emotionalen Verhaltensweisen mit den Standards von Homburg und Lüdtkke (2003) [146] zeigt sich, dass die Kompetenzbereiche weitestgehend übereinstimmen. Die den Verhaltensweisen zugrunde liegenden Kompetenzen der Roboter können mit den von Hamburg und Lüdtkke (2003) [146] genutzten Begriffen wie *Emotionale Responsivität* (z.B. empathisch reagieren) und *Signifikation von Emotion* (Gefühle unterschiedlich enkodieren und ausdrücken können) bezeichnet werden. Darüber hinaus sind einige der in der Literatur beschriebenen Roboter für die Therapie in der Lage, das affektive Verhalten des Interaktionspartners zu beobachten und zu beurteilen (s. Z.B. Liu et al., 2008 [184]). Diese Fähigkeit wird auch von Homburg und Lüdtkke (2003) [146] als wichtige Kompetenz eines Therapeuten in der Sprachtherapie beschrieben.

Im nächsten Abschnitt wird nun ein Computermodell beschrieben, mit Hilfe dessen sich ein Roboter emotional an einen Interaktionspartner angleichen kann.

2.6 Computermodell des Emotionalen Alignment

Das Computermodell des Emotionalen Alignment von Damm et al. (2012) [68] bildet die Grundlage für die konzeptionellen Überlegungen zur Konstruktion eines emotionalen Roboters für die Sprachtherapie. Daher wird es, ebenso wie die emotionalen Mechanismen die es zu simulieren versucht, detailliert dargestellt. Das Modell enthält drei Ebenen unterschiedlicher emotionaler Komplexität. Es kann in robotischen Systemen wie Flobi (s. Kapitel 1.2) implementiert werden, um menschenähnliche (jedoch nicht identische) Prozesse des Emotionalen Alignment zu simulieren. Ziel dieses interpersonell ausgerichteten Modells ist es, die Mensch-Roboter Interaktion natürlicher und intuitiver zu gestalten (s. Damm et al., 2011 [66]). Vor einer näheren Erläuterung des Modells werden jedoch zunächst einige Computermodelle beschrieben, die vorab bereits entwickelt wurden.

2.6.1 Hintergrund

Damit sich ein Roboter im Rahmen einer Interaktion emotional verhalten kann, ist ein zugrunde liegendes Computermodell notwendig. Die Verhaltensweisen unterliegen dabei bestimmten Regeln und werden durch das Modell definiert. Die Computermodelle für das emotionale Verhalten eines Roboters basieren auf unterschiedlichen Emotionstheorien und -ansätzen (wie z.B. einer kategorialen versus dimensionalen Einteilung der Emotionen⁴).

⁴Eine kategoriale Einteilung der Emotionen erfolgt beispielsweise in Primär- und Sekundäremotionen oder Basisemotionen (z.B. Plutchik, 1984 [235] oder McDougall, 1932 [198]). Die acht Primäremotionen nach

Zudem variieren die Computermodelle in ihrer Komplexität. Eines dieser Modelle, das einen Roboter zu emotionalem Verhalten befähigt und auf dem Konzept der kategorialen Einteilung in Basisemotionen im Sinne der Theorie von Ekman (z.B. Ekman, 1993 [94]) beruht, stammt von Canamero und Fredslund (2001) [49]. Das in der Informatik wohl am häufigsten genutzte und zitierte Modell basiert auf der Arbeit von Ortony, Clore und Collins (für einen Überblick s. Clore und Ortony, 2013 [60]). Das Modell zeichnet sich dadurch aus, dass es rechnergestützt sehr gut simulierbar ist. Weitere Computermodelle stammen beispielsweise von Elliot (1992) [97], Breazeal (2001) [35], Esau, Wetzels, Kleinjohann und Kleinjohann, 2007 [100] oder Velasquez (1997) [302].

Das Ziel der Entwicklung solcher Computermodelle liegt darin, die Interaktion mit einem Menschen natürlicher zu gestalten. Darüber hinaus wird angenommen, dass der Mensch durch ein emotionales Verhalten des Roboters intuitiver kommunizieren kann und dass er den Roboter positiver wahrnimmt. Das kann nicht nur dazu führen, dass die Kommunikation als angenehmer empfunden wird, sondern auch dazu, dass diese länger andauert. Diese Aussagen werden durch zahlreiche Studien zur emotionalen Mensch-Roboter Interaktion bestätigt (z.B. Hegel et al., 2006 [133]; Leite et al., 2012 [177]; Leite et al., 2013 [178]).

Neben den bisher genannten globaler ausgerichteten emotionalen Computermodellen, gibt es auch einige spezifische Ansätze, die versuchen emotionale Mechanismen wie *Empathie*⁵ oder *Mimikry* bei einem Roboter oder einem virtuellen Agenten umzusetzen. So entwickelten Breazeal, Buchsbaum und Gray (2005) [36] ein Computermodell der fazialen Mimikry für einen sozialen Roboter. Das Modell basiert auf den Erkenntnissen von Meltzoff und Moore (1997) [204]. Eine wichtige Rolle bei diesem Modell spielt das *imitation learning*, bei dem zunächst ein menschlicher Agent den Roboter imitiert und dann im nächsten Schritt vice versa. Ein Computermodell, das empathische Prozesse differenziert darstellt, stammt von Boukricha und Wachsmuth (2011) [32]. Die Autoren entwickelten ein dreistufiges Computermodell zur *Empathie*, das sie mit einem virtuellen Agenten evaluierten. Nähere Erläuterungen zum Modell sind der Dissertation von Boukricha (2013) [31] zu entnehmen. Während dieses Computermodell lediglich einen Aspekt des Emotionalen Alignment darstellt, beschreiben Damm et al. (2011) [66] weitere Ebenen innerhalb derer Prozesse des *Emotionalen Alignment* statt finden können. Unter dem Begriff *Alignment* sind Prozesse zu verstehen, die zu einer gemeinsamen Ausrichtung in der Kommunikation beitragen (s. Rickheit, 2005 [242]). Traditionellerweise wird der Begriff *Alignment* im Sinne von Ausrichtungsprozesse auf den linguistischen Ebenen beschrieben. Damm et al. (2012) [68] übertragen den Begriff jedoch auf emotionale Prozesse in der Kommunikation. Diese können eng mit den linguistischen Ausrichtungsprozessen verknüpft sein (s. Jaecks et al., 2013 [154]). Das Computermodell des Emotionalen Alignment (Damm et al., 2012 [68]), sowie die unterschiedlichen zugrunde liegenden Prozesse werden im nächsten Abschnitt detailliert dargestellt.

2.6.2 Grundlagen des Computermodells

Eine der Grundlagen des Modells ist die Alignment-Theorie von Pickering und Garrod (2004) [231]. Diese besagt, dass sich die linguistischen Repräsentationen von Interaktionspartnern in

Plutchik (1984) [235] sind Furcht, Ärger, Freude, Traurigkeit, Akzeptieren/Vertrauen, Ekel, Erwartung und Überraschung. Eine dimensionale Einteilung beschreibt Emotionen anhand von Dimensionen wie Valenz (positiv/negativ) und Erregung (passiv/aktiv) (z.B. Russell, 1980 [260]).

⁵Empathie und Mimikry werden an einer späteren Stelle näher erläutert (s. Abschnitt 2.6).

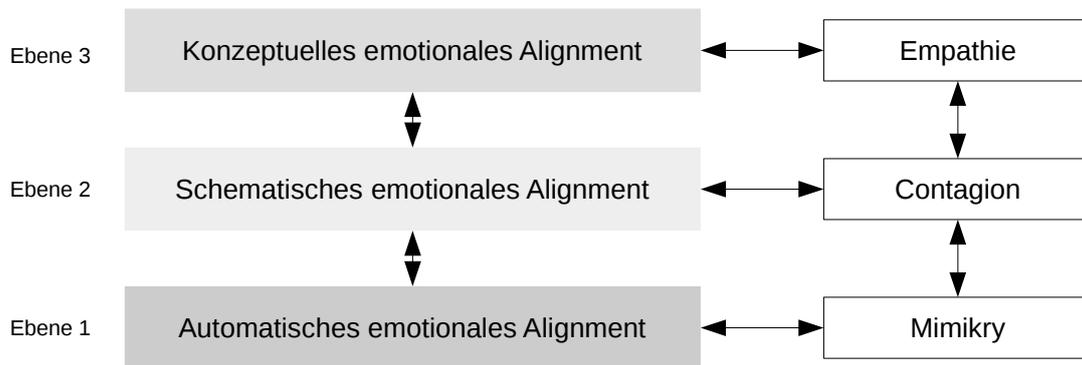


Abbildung 2.4: Die drei zugrunde liegenden Ebenen des *Computational Model of Emotional Alignment* von Damm et al. (2012) [68]. Diesen Ebenen des Emotionalen Alignment sind die emotionalen Mechanismen *Empathie*, *Contagion* und *Mimikry* zugeordnet.

einem Dialog auf unterschiedlichen Ebenen angleichen. Diese Angleichungen beruhen dabei auf einem weitestgehend automatischen und unbewusstem Prozess. Die Autoren Damm et al. (2012) [68] übertragen die linguistisch ausgerichteten Angleichungsprozesse auf emotionale Aspekte der Kommunikation. Emotionstheorien, die in diesem Zusammenhang die Basis für das Modell bilden, sind die Theorie von Leventhal und Scherer (1987) [179] und Davis multidimensionales Modell der Empathie (1996) [76].

Ein Unterschied zum Modell von Davis liegt darin, dass verbale ebenso wie nonverbale emotionale Aspekte auf allen Ebenen eine Rolle spielen. Davis geht, ebenso wie Leventhal und Scherer (1987) [179] von einer hierarchischen Anordnung emotionaler Verarbeitungsprozesse aus. Während Davis (1996) [76] vier hierarchische Ebenen beschreibt, gehen Leventhal und Scherer (1987) [179] von drei Ebenen aus. Damm et al. (2012) [68] orientieren sich bei der Einteilung ihrer Ebenen an Leventhal und Scherer (1987) [179]. Diese bezeichnen ihre drei Ebenen als: (1) sensorimotorisches, (2) schematisches und (3) konzeptuelles Level. Das sensorimotorische Level umfasst nach Leventhal und Scherer (1986) [179] einige angeborene expressive Motorprogramme und cerebrale Aktivierungssysteme, die automatisch stimuliert werden. Emotionale Reaktionen, die auf diesen sensorisch-motorischen Prozessen basieren sind kurzlebig und spielen eine Schlüsselrolle im assoziativen Lernen. Bei dem schematischen Level werden sensorisch-motorische Prozesse mit Prototypen emotionaler Situationen abgeglichen. Auf dieser Ebene werden zudem Schemata kreiert. Unter Schemata verstehen die Autoren Leventhal und Scherer *concrete representations in memory of specific perceptual, motor (expressive, approach-avoidance tendencies and autonomic reactions), and subjective feelings each of which were components of the reactions during specific emotional episodes* (s. Leventhal und Scherer, 1987 [179], S.10).

Schematische Prozesse sind nach den Autoren automatisch und erfordern nicht die Beteiligung abstrakterer, konzeptueller Prozesse. Konzeptuelle Prozesse, die auf der obersten Ebene angeordnet sind, aktivieren Gedächtnisstrukturen, die auf Grund zweier oder mehrerer emotionaler Episoden gebildet wurden. Konzeptuelle Prozesse sind gewollt und bewusst

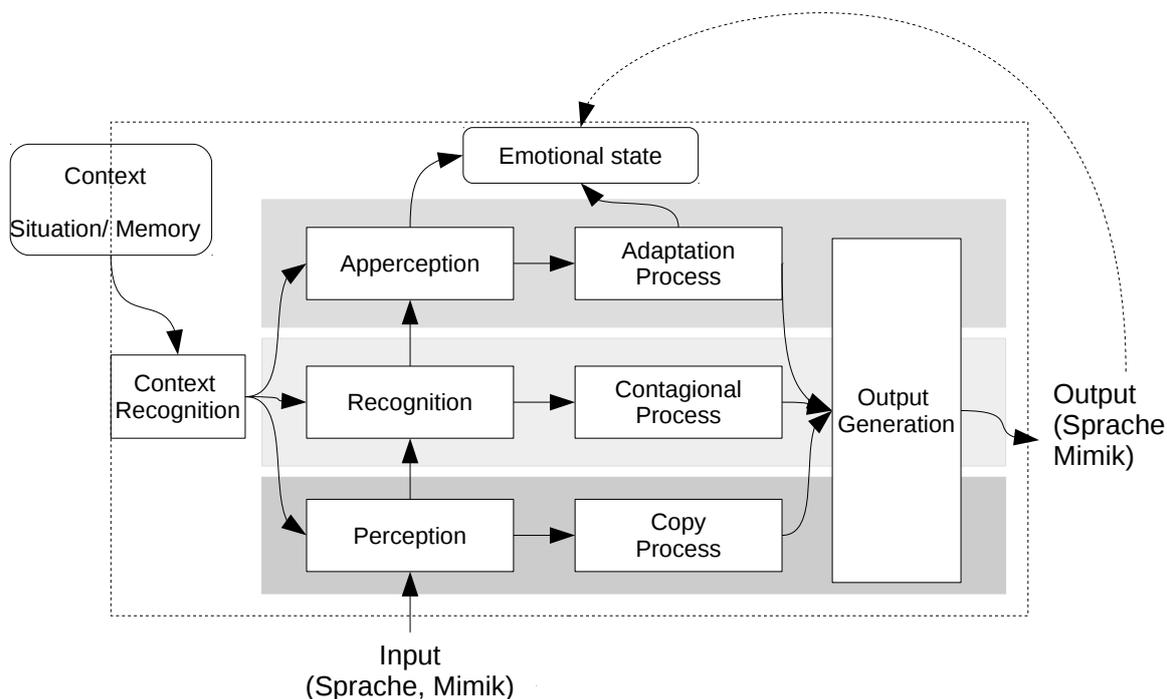


Abbildung 2.5: Das *Computational Model of Emotional Alignment*; adaptiert von Damm et al. (2012).

und können Emotionen evozieren, indem sie auf Schemata zurückgreifen. Ein Abruf von Gedächtnisinhalten ist möglich. Die Autoren gehen davon aus, dass die meisten emotionalen Prozesse auf der mittleren, schematischen Ebene initiiert werden. Im Einklang mit der Bewertungstheorie von Scherer (1984) [264] werden zudem auf jedem dieser drei Level sogenannte *Stimulus Evaluation Checks* vorgenommen. Damm et al. (2012) [68] orientieren sich an diesen, den Ebenen zugeordneten Prozessen (s. Abb. 2.4). Es handelt sich bei ihrem Modell jedoch um ein Computermodell, das die Grundlage für das emotionale Verhalten des Roboters Flobi bilden soll. Die Autoren sind sich der Besonderheiten der Mensch-Roboter Interaktion bewusst und versuchen daher nicht die menschlichen emotionalen Prozesse 1:1 nachzubilden. Die u.a. von Leventhal und Scherer (1987) [179] beschriebenen emotionalen Prozesse während einer Mensch-Mensch Kommunikation dienen nur als Ausgangslage, damit das Modell getestet und dem Kontext der Mensch-Roboter Interaktion angepasst werden kann.

Zur besseren Verständlichkeit werden dennoch die drei, dem Modell zugrunde liegenden, emotionalen Mechanismen der Mensch-Mensch Interaktion erläutert. Diese sind *Mimikry*, *Contagion* und *Empathie*.

2.6.3 Emotionale Prozesse

Der Begriff *Mimikry* stammt aus dem Griechischen. Im psychologischen Sinne ist *Mimikry* ein Mechanismus, bei dem es um die Tendenz zur Imitation von Verhaltensweisen oder Ausdrücken eines Interaktionspartners geht (s. z.B. Hess, Houde, & Fischer, 2014 [137]). Häufig wird *Mimikry* in der Literatur als rein motorischer Kopierprozess gesehen (beschrieben als *matched motor hypothesis*, z.B. Chartrand & Bargh, 1999 [51]). Dies trifft, nach Hess und Fischer (2013) [136] auf *behavioral mimicry* zu, jedoch nicht auf *emotional mimicry*. Am prominentesten ist der Begriff *facial mimicry*, bei dem der Gesichtsausdruck, beispielsweise ein Lächeln, widergespiegelt wird. Definiert wird *facial mimicry* dabei als „visible or non-visible use of facial musculature by an observer to match the facial gestures in another person’s facial expression“ (Niedenthal, Mermillod, Maringer, & Hess, 2010, S. 422 [220]). Ein Erklärungsansatz für *facial mimicry* ist das *Simulation of Smiles model* von Niedenthal et al. (2010) [220]. In diesem Modell wird sich auf das Lächeln fokussiert. Dies liegt nach Angabe der Autoren unter anderem daran, dass das Lächeln einer der komplexesten Emotionsausdrücke ist und verschiedene Bedeutungen haben kann. In diesem Ansatz wird sowohl davon ausgegangen, dass das Lächeln Ausdruck von Emotion ist, als auch davon, dass es komplexere interpersonelle Motivationen gibt. Es zielt darauf ab, die kognitiv-behaviorale Funktion zu repräsentieren, geht jedoch nicht auf zeitliche Aspekte der neuronalen Aktivität ein.

Eine aktuelle, auch auf andere Emotionsausdrücke ausgeweitete Theorie, wird von Hess et al. (2014) [137] vorgestellt. Die Autoren plädieren in ihrem Artikel dafür, dass emotionale *Mimikry* vom sozialen Kontext abhängig ist und stellen, als Alternative zur *matched motor hypothesis*, ihr *Emotional Mimicry in Context Model* vor. Dieses Modell stellt das Ziel eines Menschen, zu jemandem oder zu etwas zugehörig zu sein, in den Fokus. Die Autoren nennen dies *affiliative intent*. Wenn in einer Interaktion ein *affiliative intent* vorliegt, kommt es zu einem kongruenten Emotionsausdruck in Form von *Mimikry*. Liegt kein *affiliative intent* vor, so kommt es zu einem reaktiven Emotionsausdruck, der inkongruent zum Ausdruck des Interaktionspartners sein kann. Dieses Modell geht also nicht von *Mimikry* als einem rein auf Perzeption basierenden Mechanismus aus, sondern besagt, dass *Mimikry* auch auf der Bedeutung des Ausdruckes basiert. *Mimikry* tritt daher, nach Aussage der Autoren, weniger auf, wenn man den Interaktionspartner nicht mag (und somit keine Angleichung möchte bzw. kein Gemeinschaftsgefühl aufbauen möchte) oder wenn der Interaktionspartner feindselige Emotionen ausdrückt. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen von Bavelas, Black, Lemery und Mullet (1986) [18], die ebenfalls dafür plädieren, dass *Mimikry* von der Kommunikationssituation abhängig ist. So werden nach Bavelas et al. (1986) [18] Reaktionen im Sinne von *Mimikry* stärker ausgedrückt, wenn der Interaktionspartner diese sehen kann. Dies macht Sinn, berücksichtigt man die Theorie von Fridlund (1994) [111], nach derer Emotionsausdrücke die Funktion sozialer Signale haben. Nichts desto trotz ist *Mimikry* auch nach dieser Auffassung automatisch und ballistisch, sowie typischerweise unbewusst.

Damm et al. (2012) [68] bilden Prozesse auf der automatischen Ebene nach, die ähnlich der *Mimikry* sind. Emotionsausdrücke werden wahrgenommen und als eine Art Kopie widergespiegelt. Dennoch sind auch Damm et al. (2012) [68], wie Hess et al. (2014) [137], der Ansicht, dass *Mimikry* kontextabhängig ist. Informationen aus dem Kontext (der im Modell aus einem situationalen Kontext und einer Gedächtniskomponente besteht) fließen auf allen Ebenen des Modells, somit auch auf der automatischen Ebene, mit ein.

Ein weiterer Prozess, den es zu erläutern gilt, ist der den Hatfield, Cacioppo und Rapson [128] *Emotional Contagion* nennen. Dieser Prozess ist im Modell von Damm et al. (2012) [68] der schematischen Ebene zuzuordnen. Definiert wird dieser Prozess von Hatfield et al. (1994) [128] als „tendency to automatically mimic and synchronize expressions, vocalizations, postures, and movements with those of another person, and consequently, to converge emotionally“ (ebd., S. 153). Die Autoren integrieren *Mimikry* dabei in ihre Beschreibung der emotionalen Ansteckbarkeit (*Emotional Contagion*) und plädieren dafür, dass *Mimikry* eine Art primitive emotionale Ansteckung ist (s. Hess & Fischer, 2014 [138]). Hess und Fischer (2014) [138] sprechen sich für eine Trennung von *Mimikry* und *Emotional Contagion* aus. Nach ihnen soll der Begriff *Emotional Contagion* zur Beschreibung einer Angleichung subjektiver emotionaler Erfahrung genutzt werden sollte, wohingegen *Mimikry* den Abgleich nonverbaler Ausdrücke beschreibt. Damm et al. (2011) [66] trennen *Mimikry* ebenfalls von *Emotional Contagion* und verweisen darauf, dass *Emotional Contagion* ein komplexerer Mechanismus als *Mimikry* ist, bei dem es auch zu einem Abgleich mit vorhandenen emotionalen Schemata kommen kann. Zudem kann sich bei der *Emotional Contagion* die emotionale Ansteckung auf unterschiedliche Modalitäten auswirken, was bei *Mimikry* nicht der Fall ist. Während beispielsweise bei *Mimikry* ein Lächeln mit einem Lächeln erwidert wird, kann bei *Emotional Contagion* ein freudiger Gesichtsausdruck zu einer freudigen Prosodie des Interaktionspartners führen. Wie auch bei *Mimikry*, kann der Mechanismus der *Emotional Contagion* gestört sein. Eine niedrige Contagion-Rate für Lachen und/oder Gähnen wird z.B. berichtet bei Patienten mit Schizophrenie (Haker & Rössler, 2009 [123]) und bei Personen mit Autismus (Giganti & Esposito ZIELLO [117]).

Geht es um emotionale Ansteckungsprozesse in der Kommunikation ist zudem das Konzept der *emotionalen Empathie* von Bedeutung. Dieses beschreibt das Einfühlen bzw. Nachfühlen der Emotion des Gegenüber. Es ist abzugrenzen von dem Konzept der *kognitiven Empathie*. Dieses wird von Batson (2009) [17] beschrieben als „Knowing another person’s internal state, including his or her thoughts and feelings“ (ebd. s. S.4). Es ist gleichzusetzen mit dem Begriff der *affektiven Theory of Mind* (ToM), die Shamay-Tsoory, Aharon-Peretz und Perry (2009) [270] beschreiben. Der Unterschied zwischen beiden Konzepten, *affektiver Empathie* und *affektiver Theory of Mind*, liegt darin, dass es bei der *affektiven ToM*, um das Wissen über den Emotionszustand des Anderen geht, bei der *affektiven Empathie* um das „Mit“- bzw. „Nachfühlen“ der Emotion.

Einige Autoren, wie z.B. Decety (2004) [81], Davis (1996) [76] oder Hofmann (1984) [143], sehen *Mimikry* als einen Mechanismus von *Empathie*. Hess und Fischer (2014) [137], sprechen sich aber für eine Trennung der Konzepte aus. Unter anderem deshalb, da *Mimikry*, ebenso wie *Emotional Contagion*, kongruente emotionale Zustände bzw. Ausdrücke erfordert. Dies ist bei *Empathie* hingegen nicht der Fall (s. Hess & Fischer, 2014 [137]). Außerdem erfordert *Empathie* höhere kognitive Anforderungen und kann sich, anders als der durch *Mimikry* hervorgerufene Prozess, über einen längeren Zeitraum hin erstrecken.

Hinsichtlich der Verbindung zwischen den emotionalen Mechanismen kann auf Studien, wie der von Oberman, Winkielman und Ramachandran (2007) [224] verwiesen werden. Diese konnten zeigen, dass *Mimikry* eine Rolle bei der Erkennung emotionaler Gesichtsausdrücke

spielen kann (bottom-up Prozess). Im Gegensatz dazu, konnte von Likowski, Mühlberger, Seibt, Pauli und Weyers (2011) [182] gezeigt werden, dass unterschiedlich empathische Charakteristika die Mimikryreaktionen auf faciale Emotionsausdrücke beeinflussen (top-down Prozess). Wie genau sich die Ebenen im *Computermodell des Emotionalen Alignment* (Damm et al., 2012 [68]) beeinflussen, ist nicht näher erläutert.

2.6.4 Beschreibung des Computermodells

In das Computermodell des Emotionalen Alignment (s. Abb. 2.4) fließen sowohl verbale als auch nonverbale Informationen ein (Input). Der verbale Input kann beispielsweise eine sprachliche Äußerung eines Interaktionspartners sein, bei der sowohl der semantische Inhalt der Äußerung als auch die Prosodie verarbeitet wird. Nonverbale Informationen können die Mimik oder die Gestik des Interaktionspartners sein, die mit Hilfe eines Eyetrackers wahrgenommen wird. Dank der *Output Generation* kann der Roboter auf diese Ausdrücke des Interaktionspartners multimodal reagieren. Auch hierbei sind sowohl ein verbaler als auch ein nonverbaler Emotionsausdruck möglich. Dieser wird als *Output* für den Interaktionspartner wahrnehmbar. Die Verarbeitung der emotionalen Informationen findet auf den drei unterschiedlichen Ebenen statt. Die untere Ebene ist die automatische Ebene, die mittlere die schematische Ebene und die obere die konzeptuelle Ebene (s. Damm et al., 2012 [68]). Auf der automatischen Ebene wird die ankommende emotionale Information in der *Perception* registriert und ein Prozess im Sinne von *Mimikry* angestoßen. Hierbei wird eine Kopie beispielsweise des fröhlichen mimischen Ausdrucks des Interaktionspartners erstellt *Copy Process*, die dann in der *Output Generation* generiert wird. Auf schematischer Ebene wird die *Recognition* und der *Contagional Process* durchlaufen, wohingegen auf konzeptueller Ebene die *Apperception* und der *Adaptation Process* durchlaufen wird. Auf allen Ebenen wird der später wahrnehmbare Ausdruck in der *Output Generation* erzeugt. Zudem werden auf jeder Ebene Informationen aus dem Kontext (Situation und Gedächtnis) mit einbezogen. Darüber hinaus besitzt das Computermodell einen *Emotional state*, der es dem Roboter ermöglicht, einen eigenen, je nach Situation veränderbaren, emotionalen Zustand aufzuweisen. Dieser wird durch den eigenen emotionalen Output im Sinne einer bottom-up Verarbeitung beeinflusst.

2.6.5 Zusammenfassung

Zusammengefasst lässt sich über das Modell sagen, dass es dazu dient, emotionale Alignmentprozesse in der Mensch-Roboter Interaktion zu ermöglichen. Die Bedeutung der einzelnen emotionalen Angleichungsprozesse für die Mensch-Roboter Interaktion kann hiermit untersucht werden. In dem Modell werden multimodale Informationen (verbal und nonverbal) verarbeitet. Zudem fließen Kontextinformationen mit ein. Die Verarbeitungsprozesse laufen auf 3 verschiedenen Ebenen unterschiedlicher Komplexität ab. Diese stehen miteinander in Verbindung.

2.7 Angepasstes Computermodell für die Sprachtherapie

Das Computermodell des Emotionalen Alignment von Damm et al. (2012) [68] bildet die Basis zur Entwicklung eines Modells für das emotionale Verhalten eines Roboters in der Sprachtherapie. Es wurde für die Mensch-Roboter Interaktion entworfen, wobei die Spezifika einer Roboter-Patient Interaktion bislang nicht beachtet wurden. Bereits in der Einleitung wurde die Frage aufgeworfen, ob und inwieweit das Computermodell daher für die Interaktion zwischen einem Roboter und einem Patienten mit Sprach- und/ oder Kommunikationsstörung angepasst werden muss. Dies hat den Grund, dass, wie schon in Abschnitt 2.5 beschrieben, die Interaktion zwischen einem Roboter und einem Patienten besonders ist. Ein Patient mit einer Sprachstörung kann, neben seiner sprachlichen Problematik, auch Schwierigkeiten bei der Emotionserkennung, der Verarbeitung von Emotionen und dem Ausdruck von Emotionen haben (z.B. Hielscher-Fastabend, 2001 [139], s. Abschnitt 2.5). Dies könnte unter Umständen eine Änderung des Modells notwendig machen, da ggf. bestimmte emotionale Prozesse, wie z.B. empathische Prozesse, im Rahmen einer Therapie wichtiger sind als in der alltäglichen Kommunikation (s. Rogers, 1977 [256]). Basierend auf Studien zum Robotereinsatz in der Therapie wurden in Kapitel 2.5 emotionale Kompetenzen von Robotern identifiziert. Diese sind für das emotionale Verhalten eines Roboters in unterschiedlichen Szenarien zur Mensch-Roboter Interaktion notwendig. Da ein Roboter für die Sprachtherapie möglichst in mehreren Szenarien eingesetzt werden sollte, ist ein Modell, das unterschiedliche emotionale Kompetenzen eines Roboters beinhaltet, von Vorteil. Das Computermodell des Emotionalen Alignment von Damm et al. (2012) [68] verfügt bereits über einige für die Sprachtherapie wichtigen Kompetenzen. Mit seinen drei Ebenen, durch die verschiedene emotionale Angleichungsprozesse simuliert werden können, ist es jedoch sehr komplex. Da eine höhere Komplexität häufig auch mit einer höheren Fehleranfälligkeit einhergeht, stellt sich die Frage, ob für den Einsatz in der Therapie ggf. ein reduziertes Modell ausreichend ist. Gerade im Rahmen einer Roboter-Patient Interaktion ist ein möglichst fehlerfreier Ablauf wünschenswert, was nicht zuletzt auf ethische Aspekte zurück zu führen ist. Studien (u.a. Kozima, Nakagawa, & Yasuda, 2005 [166]) konnten zeigen, dass auch Systeme mit geringeren kommunikativen und emotionalen Fähigkeiten bei der Therapie von ASS erfolgreich eingesetzt werden können. Unter anderem wird aus diesem Grund das Modell für die Sprachtherapie auf zwei Ebenen des Emotionalen Alignment reduziert. Ein weitere Grund dafür, warum eine Ebene außen vor gelassen wird, liegt darin, dass die Robotik für die Sprachtherapie ein weitestgehend unerforschtes Gebiet der Robotik darstellt. Neben der Evaluation eines Modells stehen noch zahlreiche andere Fragestellungen im Fokus, sodass es sinnvoll erscheint, zunächst recht einfach umzusetzende und interpretierbare Prozesse im Rahmen der roboterunterstützten Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen zu untersuchen. Es erscheint naheliegend, in diesem Zusammenhang die automatische und konzeptuelle Ebene des *Emotionalen Alignment* miteinander zu vergleichen (s. Kapitel 2.6), da diese recht gut voneinander trennbar sind und die auf den zwei Mechanismen beruhenden Reaktionen gut interpretierbar sind. Darüber hinaus ist eine Einteilung in eine automatische und eine schematische Ebene in der Literatur noch strittig (s. Hess & Fischer, 2014 [138]). Zwar plädieren die Autoren Hess & Fischer (2014) [138] für eine Trennung von *Mimikry* und *Emotional Contagion*, Hatfield et al. (1994) [127] sind jedoch anderer Ansicht. Sie gehen davon aus, dass *Mimikry* als eine Art primitive emotionale Ansteckung gesehen werden kann und somit der *Emotional Contagion* unterzuordnen ist. Zusammengefasst spricht vieles dafür, das Modell zunächst für den sprachtherapeutischen Kontext anzupassen bzw. auf zwei Ebenen emotionaler Angleichung zu reduzieren.

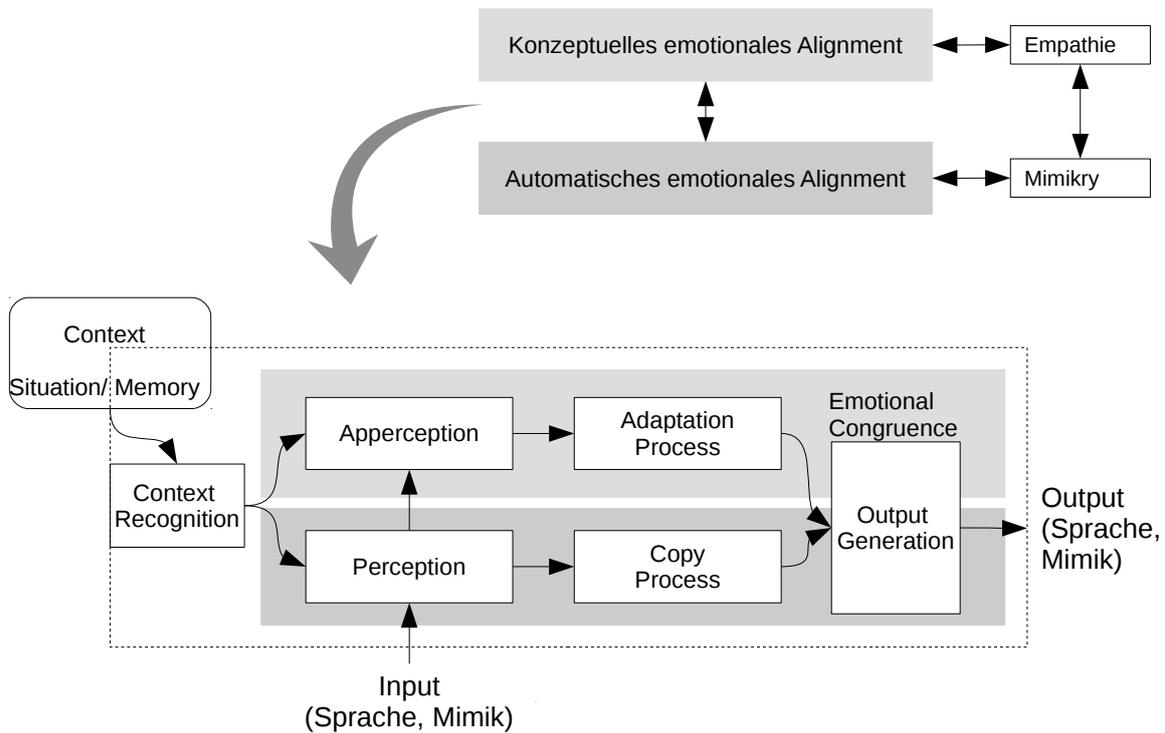


Abbildung 2.6: Für die Sprachtherapie angepasste Version des *Computational Model of Emotional Alignment* von Damm et al. (2012) [68] mit den Ebenen des automatischen und konzeptuellen Alignment.

Im Rahmen der Anpassung des Computermodells wird in dieser Arbeit auch der *Emotional state* außer Acht gelassen. Zwar betonen die Autoren Homburg und Lüdtke (2003) [146] den Stellenwert eines emotionalen Bewusstseins eines Therapeuten, es gibt bislang jedoch keine Erkenntnisse aus dem Bereich der roboterunterstützten Therapie, die für eine notwendige Integrierung eines *Emotional state* sprechen. Darüber hinaus nimmt sich die vorliegende Dissertation der Frage nach der Notwendigkeit des *Emotional state* nicht an, sodass er in der Darstellung des angepassten Modells bewusst nicht mit einbezogen wird. Ein Aspekt, der in das angepasste Modell mit integriert wird und nicht näher von Damm et al. (2012) [68] spezifiziert wurde, bezieht sich auf die *Emotionale Kongruenz*. Dieser Begriff beschreibt, dass bei multimodalen Ausdrücken über jede Modalität die gleiche emotionale Information ausgesendet wird. Drückt ein Mensch beispielsweise durch seine Mimik Freude aus indem er lächelt und symbolisiert durch seine Körperhaltung mit geballten Fäusten jedoch einen ärgerlichen Ausdruck, so stehen die ausgesendeten emotionalen Informationen im Konflikt. Sie sind zueinander emotional inkongruent (s. z.B. Magnee et al., 2007 [192]). Die Autoren Damm et al. (2012) [68] gehen darauf ein, dass ein Roboter durch das Computermodell in der Lage ist Emotionen multimodal über Mimik und die Sprache auszudrücken, allerdings gibt es keine explizite Beschreibung der Generierung emotional kongruenter Ausdrücke. Für das an die Sprachtherapie angepasste Computermodell (s. Abbildung 2.5) ist dieser Aspekt

daher im Bereich der *Output Generation* aufgeführt. In den Kapiteln 5 und 6 werden manche Komponenten des angepassten Computermodells evaluiert. Dies bedeutet, dass beispielsweise der Stellenwert Emotionaler Kongruenz im Ausdrucksverhalten des Roboters genauer analysiert wird. Es wird überprüft, ob ein Roboter emotional kongruent agieren muss bzw. wozu ein emotional inkongruenter Ausdruck des Roboters führt. In Kapitel 6 hingegen werden die unterschiedlichen Ebenen des Computermodells (automatische Anpassung und konzeptuelle Anpassung bzw. *Mimikryreaktion* und *konzeptuelle Reaktion*) im Kontext einer sprachtherapeutischen Intervention getestet. Hier wird geschaut, ob ggf. eine der Ebenen für die Sprachtherapie geeigneter ist. Das Computermodell des Emotionalen Alignment wird nachfolgend und je nach Ergebnis der Studien erneut modifiziert werden.

2.8 Zusammenfassung des Kapitels

Im Folgenden werden die in diesem Kapitel gewonnenen Erkenntnisse kurz zusammengefasst. Zu Beginn des Kapitels wurde eine kurze Definition von Sprach- und Kommunikationsstörungen gegeben. Hier zeigte sich, dass alle linguistischen Ebenen betroffen sein können, wobei interindividuelle Unterschiede hinsichtlich der Symptomatik auftreten können. Es wurde die Aphasie als Beispiel einer erworbenen Sprachstörung vorgestellt. Zudem wurde näher auf die Schwierigkeiten von Personen mit Autismus-Spektrum-Störung eingegangen. Diese können vorrangig Probleme bei der sozialen Interaktion, der Kommunikation und im Bereich repetitiver Verhaltensweisen/ Sonderinteressen haben. Die Beschreibung der beiden Patientengruppen wurde vorgenommen, da sie die Versuchspersonen in Kapitel 3 und Kapitel 6 darstellen. Daran anschließend wurden therapeutische Kompetenzen von Sprachtherapeuten nach Homburg und Lüdtko (2003) [146] vorgestellt. Diese sind nach Angabe der Autoren grundlegende Voraussetzung, damit eine Sprachtherapie erfolgreich sein kann. Daher wurde versucht, notwendige Kompetenzen von Robotern im Kontext der Sprachtherapie zu identifizieren. Da es bislang kaum Erkenntnisse dazu gibt, wurden in Anlehnung an Homburg und Lüdtko (2003) [146] sprachlich-emotionale und rekursiv-kommunikative Kompetenzen bei Robotern beschrieben. Darüber hinaus wurde das Computermodell des Emotionalen Alignment von Damm et al. (2012) [68] vorgestellt. Es ist eines der Modelle, die die Basis emotionalen Verhaltens eines Roboters bilden können. Roboter können sich mit Hilfe dieses Modells emotional an den Interaktionspartner anpassen. Teile des Modells werden in Kapitel 6 vor dem Hintergrund einer sprachtherapeutischen Intervention überprüft. Die detaillierte Vorstellung des Computermodells war daher unerlässlich. Ebenso wurden bereits im Kontext der Therapie getestete robotische Systeme, wie z.B. Kaspar oder Nao beschrieben. Wichtige Studien zur Robotik bei Sprach- und Kommunikationsstörungen wurden vorgestellt. Während die Studien zur Robotik in der Aphasietherapie (Mubin & Al Mahmud, 2008 [213]; Choe et al., 2013 [57]) jedoch lediglich eine Beschreibung möglicher Szenarien darstellten bzw. sich für den Einsatz von Robotern in der Aphasietherapie aussprachen, wurden in den Studien bei ASS Nachweise zur Effektivität eines Robotereinsatzes in der Therapie geliefert. Der jeweilige Roboter nahm hierbei unterschiedliche Funktionen ein und unterstützte bei sprachlichen, kommunikativen und emotionalen Schwierigkeiten. Insbesondere hinsichtlich des Einsatzes von Robotern in der Aphasietherapie bleiben offene Fragen. Es ist ungeklärt, inwieweit der Einsatz eines Roboters in der Aphasietherapie effektiv ist, wie Therapeuten und Patienten einem Robotereinsatz gegenüber eingestellt sind oder welche Anforderungen ein Roboter für einen solchen Einsatz erfüllen muss. Darüber hinaus gibt es auch ungeklärte Fragen zum Einsatz von Robotern bei Patienten mit ASS. Zwar zeigte sich, dass Kinder mit ASS einem

Roboter in der Therapie positiv gegenüber traten, es ist jedoch ungeklärt, was Patienten mit ASS mit einem Roboter assoziieren. Zudem ist unklar, inwieweit sich die Einstellungen einem Roboter gegenüber von den Einstellungen gesunder Personen unterscheiden. Darüber hinaus gibt es kaum Erkenntnisse zum Stellenwert emotionaler Aspekte (wie beispielsweise emotionalen Feedbackmechanismen) im Rahmen einer roboterunterstützten Sprachtherapie. Diesen Fragen wird sich im Folgenden angenommen, wobei die Akzeptanz robotischer Systeme im Einsatz bei Patienten mit Sprach- und Kommunikationsstörungen Thema des nächsten Kapitels ist.

3 Zur Akzeptanz eines Robotereinsatzes bei Sprach- und Kommunikationsstörungen

Die Akzeptanz robotischer Systeme im Kontext der Gesundheitsversorgung ist von zentraler Bedeutung (s. Heerink, 2010 [130]). Akzeptieren die Patienten den Roboter, so wird dieser häufiger eingesetzt. Dabei ist nicht nur entscheidend, dass die betroffenen Patienten den Roboter akzeptieren, sondern auch das professionelle Personal (Ärzte, Therapeuten etc.). Letzten Endes ist es diese Personengruppe, die, insbesondere wenn es um robotische Assistenz geht, entscheidet, ob ein Roboter eingesetzt wird oder nicht. Zudem kann sie, beispielsweise durch das Aussprechen von Empfehlungen, die Akzeptanz der Patienten, beeinflussen. In diesem Kapitel wird daher auf grundlegende Gesichtspunkte der Akzeptanz robotischer Systeme u.a. in der Sprachtherapie eingegangen. Die drei Unterkapitel beinhalten wichtige Studien in diesem Zusammenhang. Die erste Studie wurde bereits von Malchus et al. (2013) [196] in der Fachzeitschrift *Logos* veröffentlicht. Die Ergebnisse der zweiten Studie wurden zum Teil im Rahmen einer von mir betreuten unveröffentlichten Masterarbeit von Rieke (2013) [245] beschrieben. Die dritte Studie, bei der es um die Einstellungen und Assoziationen von Personen mit Autismus-Spektrum-Störung geht, ist noch nicht veröffentlicht worden. Daher wird diese Studie, im Gegensatz zu den anderen beiden Studien (Malchus et al., 2013 [196]; Rieke, 2013 [245]) detailliert dargestellt. Sie ist zudem Teil eines größeren Forschungsprojekts zur *Wahrnehmung von und Interaktion mit sozialen Robotern bei ASS* und wird daher mit bereits veröffentlichten Ergebnissen des Projekts (Damm et al., 2013 [67]) in Bezug gesetzt.

Unter der Akzeptanz robotischer Systeme verstehen die Autoren Beer et al. (2011) [20] eine Kombination von drei unterschiedlichen Aspekten der Akzeptanz: Einstellung, Intention und Verhalten. Hierbei beziehen sie sich auf Davis, Bagozzi und Warshaw [75], die diese Einteilung bereits 1989 beschrieben. Unter der Einstellungsakzeptanz verstehen die Autoren Beer et al. (2011) [20] eine positive Bewertung oder Einschätzung des Benutzers gegenüber der Technologie. Die intentionale Akzeptanz beschreibt die Absicht eines Nutzers die entsprechende Technologie auf eine bestimmte Art und Weise zu nutzen. Unter dem dritten Punkt, der Verhaltensakzeptanz, ist das Handeln des Benutzers beschrieben, wenn er die Technologie tatsächlich nutzt (ebd., S.6). Während die ersten beiden Aspekte von Akzeptanz beschrieben werden können, ohne dass der potentielle Nutzer die Technologie bereits genutzt hat, ist für den letzten Teil der Gebrauch der Technologie zwingend.

Häufig werden vor der Markteinführung eines neuen technologischen Produkts (in diesem Fall eines Roboters) zunächst die ersten beiden Aspekte untersucht, um Einstellungen und Erwartungen gegebenenfalls bei der Verbesserung und Weiterentwicklung der Technologie mit einfließen zu lassen. Um diese Aspekte näher zu untersuchen wird beispielsweise die Akzeptanz gegenüber Robotern in zahlreichen Studien mithilfe von Interviews oder Fragebögen zur Einstellung der Nutzer gegenüber Robotern gemessen. Die prominentesten Fragebögen in diesem Zusammenhang sind die „Negative Attitudes Towards Robots Scale“ (NARS) von Nomura et al. (2004) [221] und die „Robot Anxiety Scale“ (RAS) von Nomura, Suzuki,

Kanda und Kato (2006) [222].

Da es noch kein allgemeingültiges Modell zur Roboterakzeptanz gibt (siehe Beer et al., 2012 [21]), wird häufig auf Modelle zur Akzeptanz von Technologien im Allgemeinen zurückgegriffen. Verschiedene Modelle, wie beispielsweise das Technology Acceptance Model (TAM) von Davis (1989) [73], versuchen dabei durch das Erfassen bestimmter Faktoren den Gebrauch ¹ einer Technologie vorauszusagen. So umfasst das TAM zwei Variablen: die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (Perceived ease of use) und den wahrgenommenen Nutzen (Perceived Usefulness). Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit wird beschrieben als der Grad, zu dem ein Individuum glaubt, dass die Nutzung des Systems frei von physikalischem und mentalem Aufwand wäre. Der wahrgenommene Nutzen hingegen wird definiert als der Grad zu dem ein Individuum glaubt, dass die Technologie die berufliche Leistung fördern kann (s. Davis, 1991, S. 477 [74]). Diese subjektiven Bewertungen haben einen Einfluss auf die Einstellungen gegenüber einer Technologie, die wiederum einen Einfluss auf die tatsächliche Nutzung der Technologie haben (s. Davis, 1991 [74]). Ein weiteres Modell zur Akzeptanz von Technologien, das auch für den Bereich der Robotik herangezogen wird, ist das Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) Modell von Venkatesh, Morris, Davis und Davis (2003) [303].

Das UTAUT-Modell wurde ausgehend vom TAM entwickelt und umfasst vier Variablen, die einen direkten Einfluss auf die Absicht zur Nutzung bzw. die tatsächliche Nutzung der Technologie haben. Diese sind: erwarteter Nutzen (Performance Expectancy) und erwarteter Aufwand (Effort Expectancy), sozialer Einfluss (Social Influence) und unterstützende Gegebenheiten (Facilitating Conditions). Hierbei können die ersten beiden Variablen (erwarteter Nutzen, erwarteter Aufwand) mit den zwei Variablen des TAM (wahrgenommener Nutzen, wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit) verglichen werden. Hinzu kommen noch Faktoren, die die vier eben genannten Hauptvariablen beeinflussen können. Diese sind: Geschlecht, Alter, Erfahrung und die Freiwilligkeit der Nutzung (s. Venkatesh et al., 2003 [303]).

Das Almere Modell von Heerink, Kröse, Evers und Wielinga (2010) [129], das nach dem Ort der experimentellen Überprüfung des Modells benannt ist, ist noch etwas komplexer. Es bezieht, da es spezifisch für die Akzeptanz assistiver sozialer Roboter von älteren Menschen konzipiert wurde, weitere soziale Aspekte mit ein. Neben den bereits in den anderen Modellen vorkommenden Variablen zum wahrgenommenen Nutzen, zur Benutzerfreundlichkeit (s. Davis, 1989 [73]), sowie zum sozialen Einfluss und den unterstützenden Gegebenheiten (s. Venkatesh et al., 2003 [303]), gibt es in dem Almere-Modell die Variable wahrgenommenes Vergnügen (Perceived Enjoyment) und Einstellung (Attitude). Weitere Faktoren werden aufgeführt, die die gerade aufgeführten Variablen beeinflussen können. Diese sind: Vertrauen (Trust), wahrgenommene Anpassungsfähigkeit (Perceived Adaptivity), Sorge (Anxiety), soziale Präsenz (Social Presence) und wahrgenommene Sozialfähigkeit (Perceived Sociability). Heerink et al. (2010) [129] formulierten diese Faktoren basierend auf einigen Studien, die sie mit dem Roboter iCat durchführten. Unter anderem ließen sie Probanden aus Senioreneinrichtungen mit dem Roboter interagieren. Dabei wurde der Grad an sozialer Kommunikationsfähigkeit variiert. In der einen Bedingung war der Roboter sozial sehr kommunikativ in der anderen Bedingung weniger. Dies zeigte sich durch eine Veränderung im Blickkontakt, im Emotionsausdruck (lächeln versus neutraler Ausdruck), im Erinnern des Namens des Nutzers und durch das Zugeben von Fehlern. In einer anschließenden Befragung kam heraus, dass der sozial stark kommunikative Roboter als präsenter wahrgenommen

¹Der Gebrauch bezieht sich dabei auf die Intensität der Nutzung der Technologie (Davis, 1991, S. 487) [74]

wurde im Vergleich zum weniger kommunikativen Roboter. Zudem wurde die Interaktion als angenehmer empfunden, die Teilnehmer hatten mehr Spaß und waren selbst offener und kommunikativer im Vergleich zur anderen Bedingung. Dieses Ergebnis passt zu denen der Studie von Klamer und Ben Allouch (2010) [164], nach derer als sozial wahrgenommene Kompetenzen eines Roboters einen Einfluss auf die Akzeptanz des solchen haben. Zudem steht der letzte Punkt der Studie von Heerink et al. (2010) [129] im Einklang mit der Studie von De Ruyter, Saini, Markopoulos und Van Breemen (2005) [261], die feststellten, dass sozial intelligentes Verhalten eines Roboters auch soziales Verhalten des Nutzers auslöst.

Viele Studien zur Akzeptanz von Robotern wurden mit älteren Personen (mit und ohne kognitiver Einschränkungen) durchgeführt (z.B. Beer et al., 2012 [21]; Broadbent et al., 2009 [42]; Kramer, Yaghoubzadeh, Kopp, & Pitsch, 2013 [168]; Smarr et al., 2013 [274]; Vincze et al., 2014 [304]; Werner, Oberzaucher, & Werner, 2012 [317]). Butter et al. (2008) [46] beschreiben, dass die Akzeptanz nicht professioneller Nutzer von Aspekten der Intimsphäre (Datenschutz, Sicherheit) abhängt und von Aspekten des Gebrauchs, wie der Nutzerfreundlichkeit oder der Praktikabilität. Eine Studie von Meyer (2011) [207] zeigt, dass ältere Menschen soziale Roboter einfacher akzeptieren, wenn diese einen positiven Effekt auf ihre selbstständige Lebensführung und Autonomie haben. Darauf gehen auch schon Tiwari, Warren, Day und McDonald (2010) [295] ein, die beschreiben, dass die Gesamthaltung älterer Personen gegenüber einem Roboter recht positiv ist, sofern ein gewisser Grad an Autonomie gewährleistet ist. Meyer (2011) [207] schreibt zudem, dass eine hohe Akzeptanz von Seiten der Probanden insbesondere das Konzept eines *Gesundheitsroboters* erfährt. Dieser Roboter ist unter anderem dafür da, an Medikamente und Termine zu erinnern, das gesundheitliche Monitoring zu übernehmen, als Fitnesstrainer bzw. Motivator zu agieren und zur gesundheitlichen Prävention zu animieren. Dennoch weist Meyer (2011) [207], wie zuvor Butter et al. (2008) [46], darauf hin, dass es von Vorteil ist, wenn der Roboter die Intimsphäre eines Benutzers akzeptiert, sich in die bisherigen Lebensumstände einfügt und wenn er nicht ständig präsent ist, sondern sich von sich aus mal zurückzieht. Dafür plädieren auch Kramer et al. (2013) [168]. Sie sprechen sich dafür aus, dass ein System, das bei älteren Menschen und Menschen mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen in der häuslichen Umgebung eingesetzt wird, sich reaktiv verhalten sollte und sich unauffällig bzw. dezent im Hintergrund halten sollte. Zudem konnten Kramer et al. (2013) [168] herausfinden, dass sich die Einstellungen gegenüber einem autonomen System nach einer Interaktion mit diesem verbessern. Dies liegt sicherlich daran, dass es den Studienteilnehmern nach einer Interaktion besser möglich ist, sich eine Vorstellung vom Roboter zu machen. Denn auch wenn Roboter im Alltag zunehmend präsenter werden, haben die meisten Menschen kein umfassendes Bild realistischer Möglichkeiten und Grenzen eines Roboters (s. auch Meyer, 2011 [207]). Nejat, Nies und Sexton [217] beschreiben weiterhin, dass es von Vorteil ist, wenn ein *Gesundheitsroboter*, der bei Therapien und Übungen oder bei der Medikamenteneinnahme behilflich sein soll, eine menschenähnliche Erscheinungsform aufweist. Die funktionale Kompetenz ist bei diesen Aufgaben recht hoch und der Grad an Menschlichkeit bzw. Menschenähnlichkeit sollte diesen Anforderungen entsprechen.

Studien zur Akzeptanz von Robotern wurden jedoch nicht nur mit älteren Nutzern, sondern auch mit Kindern durchgeführt. Hierbei wurden unter anderem die Akzeptanz eingeschränkter, artifizieller Sprache untersucht (Mubin et al., 2010 [214]) oder geschaut, inwieweit soziales Verhalten eines Roboters einen Einfluss auf die Akzeptanz des solchen hat (z.B. Kanda, Shimada, Koizumi, 2012 [158]). Viele dieser Studien untersuchten den

Einsatz der Roboter im Kindergarten (z.B. Hyun, Yoon, & Son, 2010 [150]) oder in der Schule (z.B. Kanda, Sato, Saiwaki, & Ishiguro, 2007 [157]). Neben den Studien, die sich mit der Akzeptanz nicht professioneller Nutzer, wie ältere Personen mit und ohne kognitive Beeinträchtigungen oder Kindern beschäftigen, gibt es auch solche, die die Akzeptanz der professionellen Nutzer im Gesundheitswesen (z.B. Ärzte oder das Krankenpflegepersonal) beschreiben. Göransson, Pettersson, Larsson und Lännernäs (2008) [119] befragten 111 Personen aus dem Gesundheitsbereich zu den Einsatzmöglichkeiten von Robotern, Humanoiden und künstlicher Intelligenz. Dazu wurde den Teilnehmern ein Film gezeigt, der eine fiktive Situation darstellte, in der die Technologien beispielsweise Serviceaufgaben oder das Patientenmonitoring übernahmen. Daran anschließend wurden sie gebeten einen Fragebogen auszufüllen. Die Analysen ergaben, dass die Befragten den Einsatz künstlicher Intelligenz und Robotern bei fürsorgliche Aufgaben (wie der Unterstützung beim Essen oder der Körperhygiene) allesamt negativ beurteilen. Hingegen äußerten sich sehr viele positiv gegenüber einem Einsatz bei Serviceleistungen, dem Monitoring, der Telemedizin oder der sozialen Kommunikation. Bei Fragen zur Betreuung kam zudem heraus, dass eine positive roboter-assistierte Aufgabe eine Interaktion erfordert. Dies zeigt die Notwendigkeit kommunikativer Fähigkeiten eines Roboters für diesen Bereich auf. Weitere Studien, in denen das Personal aus dem Gesundheitsbereich einem Robotereinsatz positiv gegenüber stand, stammen zum Beispiel von Mitzner, Kemp, Rogers und Tiberio (2013) [208], Tiwari et al. (2010) [295] oder Tsui und Yanco (2007) [299]. Tsui und Yanco (2007) [299] berichten jedoch auch von Zweifeln des Gesundheitspersonals, die u.a. darin begründet sind, dass das Personal Angst vor dem Verlust des Arbeitsplatzes hat. Die Teilnehmer der Studie befürchten, dass der Roboter sie ersetzen könne.

Zusammengefasst zeigt sich, dass sowohl professionelle Nutzer aus dem Gesundheitsbereich, als auch Patienten einem Einsatz von Robotern bei bestimmten Aufgaben grundsätzlich positiv gegenüberstehen. Es müssen jedoch einige Aspekte (z.B. Rücksicht des Roboters auf die Intimsphäre des Patienten) berücksichtigt werden, damit es zu einer vollständigen Akzeptanz des robotischen Systems kommt. Modelle, wie die von Davis (1989) [73], Venkatesh et al. (2003) [303] oder Heerink et al. (2010) [129], liefern Hinweise, welche Aspekte einen Einfluss auf die Akzeptanz eines Roboters haben bzw. auf dessen Nutzung.

3.1 Einstellungen der Sprachtherapeuten hinsichtlich eines Robotereinsatzes in der Therapie

Zur Akzeptanz von Robotern im Einsatz bei Sprach- und Kommunikationsstörungen gibt es bislang kaum Ergebnisse. Die im vorherigen Abschnitt dargestellten Modelle (z.B. das TAM von Davis, 1989 [73]) und die vorgestellten Studien aus dem Gesundheitswesen (z.B. Meyer, 2011 [207]) konnten jedoch Hinweise liefern, welche Aspekte für die Akzeptanz von Robotern im sprachtherapeutischen Kontext relevant sind. Dennoch ist eine spezifische Untersuchung der Akzeptanz robotischer Systeme in der Sprachtherapie unerlässlich um reliable Aussagen treffen zu können. Offene Fragen, die es zu beantworten gilt, betreffen beispielsweise die Einstellungen der professionellen Nutzer in der Sprachtherapie hinsichtlich einer roboterunterstützten Therapie, sowie die Frage nach der intentionellen Akzeptanz. Es erscheint sinnvoll, akzeptanzfördernde und akzeptanzhemmende Faktoren zu identifizieren,

um diese bei den nächsten Schritten auf dem Weg zur Konstruktion eines Roboters für die Sprachtherapie zu berücksichtigen.

Malchus et al. (2013) [196] führten ihre explorative Befragung bei 153 Sprachtherapeuten durch, um ein erstes Stimmungsbild hinsichtlich der Nutzung robotischer Systeme in der Sprachtherapie zu erhalten. Von den 153 Studienteilnehmern wurden nur 131 ausgewertet, da bei den restlichen Teilnehmern der Fragebogen unvollständig ausgefüllt wurde. Von den 131 Teilnehmern waren 113 weiblich und 18 männlich. Das Durchschnittsalter lag bei 37,29 (SD = 10,18) und die durchschnittliche Berufserfahrung bei 9,87 Jahren (SD = 8,76). Die Forschungsfragen, die der explorativen Studie zu Grunde liegen, lauten:

- Wie offen sind Sprachtherapeuten gegenüber einem Einsatz sozialer Roboter in der Sprachtherapie?
- Würden die befragten Sprachtherapeuten einen Roboter in der Sprachtherapie einsetzen?
- Hat die selbstbeurteilte Offenheit einen Einfluss auf die Intention einen Roboter in der Sprachtherapie einzusetzen?
- Wo und wie kann ein Roboter im Rahmen der Sprachtherapie aus Sicht der Therapeuten eingesetzt werden?
- Welche Kompetenzen muss ein Roboter aus Sicht der Therapeuten für einen Einsatz in der Sprachtherapie aufweisen?
- Welche Überlegungen, Hoffnungen und Bedenken haben die befragten Therapeuten hinsichtlich eines Einsatzes von Robotern in der Sprachtherapie?

Die via Internet durchgeführte Fragebogenstudie ergab, dass insbesondere die selbstbeurteilte Offenheit gegenüber neuen Technologien generell und Robotern im Speziellen im Zusammenhang steht mit der Bereitschaft, einen sozialen Roboter in der Sprachtherapie einzusetzen. In einer Korrelationsanalyse konnte sowohl ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen der Offenheit gegenüber neuen Technologien und der Nutzung eines Roboters in der Sprachtherapie gefunden werden (Korrelation nach Spearman, $\rho = 0.451$, $p < 0.001$) als auch zwischen der Offenheit gegenüber Robotern und der Nutzung eines Roboters in der Sprachtherapie (Korrelation nach Spearman, $\rho = 0.801$, $p < 0.001$). Dies steht im Einklang mit den eben beschriebenen Akzeptanzmodellen. Nach Heerink et al. (2010) [129] hat beispielsweise die Einstellung dem Roboter gegenüber einen Einfluss auf die tatsächliche Nutzung des Systems.

Einsatzmöglichkeiten eines Roboters sehen die befragten Therapeuten sowohl im Erwachsenenbereich, als auch bei Kindern und Jugendlichen. Auf die Frage hin, welche Funktion ein sozialer Roboter in der Sprachtherapie einnehmen könnte, gaben 67,2 % der befragten Therapeuten an, dass sie diesen zur Motivationssteigerung einsetzen würden. 52,7 % der Befragten würden den Roboter einsetzen, um die Therapie abwechslungsreich zu gestalten (Unterhaltungsfaktor) und 51,9 % um stetige Wiederholungen durchzuführen. Die Funktion der Arbeitserleichterung wird von den befragten Therapeuten nur zu 9,2 % angegeben. Weitere Funktionen waren die Evoziierung von Sprachäußerungen, die Funktion eines Rollenspielpartners zur Vorbereitung für ein reales In-Vivo-Training, der Einsatz als Trainer zur

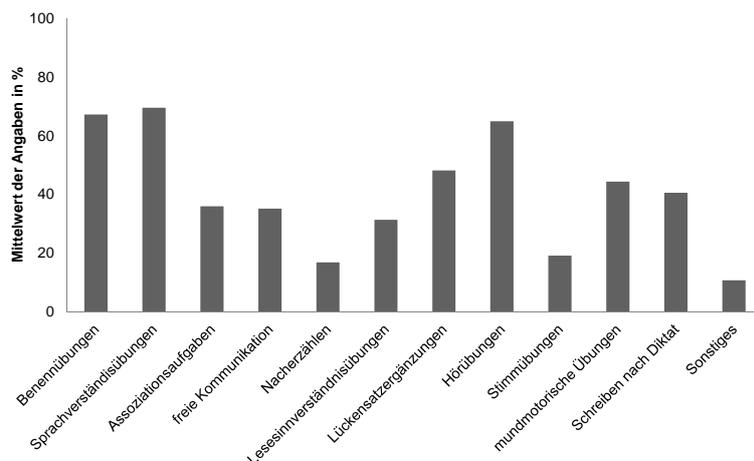


Abbildung 3.1: Darstellung der mittleren Angaben auf die Frage bei welchen Übungen in der Sprachtherapie ein Roboter unterstützend eingesetzt werden könnte (in %), vgl. Malchus et al., 2013 [196].

Steigerung der Therapiefrequenz in Eigenübung, sowie als Kommunikationspartner für den Patienten im Alltag. Hinsichtlich des Einsatzortes ergab die Befragung, dass der Einsatz von Robotern für die Therapeuten am ehesten bei den Patienten zu Hause vorstellbar ist (66,4 %). Die Hälfte der Befragten kann sich zudem einen Robotereinsatz in der Rehabilitationsklinik vorstellen. Die Studienteilnehmer gaben an, dass soziale Roboter vor allem bei Patienten mit Aphasie eingesetzt werden könnten (71 %). Am wenigsten können sich die befragten Sprachtherapeuten einen Einsatz bei Patienten mit Stimmstörung vorstellen. In Bezug auf roboterunterstützte Übungen im Rahmen der Sprachtherapie, erscheinen den befragten Therapeuten insbesondere die Bereiche Benennen und Sprachverständnis geeignet. Mehr als 60 % können sich zudem einen Einsatz von Robotern im Rahmen von Hörübungen vorstellen (s. Abb. 3.1).

Die Teilnehmer der Studie hatten zudem die Möglichkeit einzelne Charakteristika eines Roboters hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für ihren Einsatz im therapeutischen Kontext zu bewerten. Hierbei zeigte sich, dass das Aussehen des Roboters als am wenigsten wichtig erachtet wurde ($M = 4,96$; $SD = 1,78^2$; bei einer Skala von 1 = nicht wichtig bis 7 = sehr wichtig). Als besonders wichtig wurde die Benutzerfreundlichkeit erachtet ($M = 6,77$; $SD = 0,85$). Dieses Charakteristikum wurde in einem freien Antwortformat nochmals häufig betont. Darauf folgten die Charakteristika Sprachverständnis ($M = 6,62$; $SD = 1,06$), Sprachproduktion ($M = 6,57$; $SD = 1,1$), die Kontrollierbarkeit ($M = 6,44$; $SD = 1,09$), die Fähigkeit der zeitnahen Reaktion ($M = 6,38$; $SD = 1,17$). Die Robustheit ($M = 6,03$; $SD = 1,23$) und die Flexibilität des Systems ($M = 6,03$; $SD = 1,23$) werden als gleich bedeutend angesehen.

In einer qualitativen Analyse der Daten (die jedoch in dieser Form nicht Bestandteil der Veröffentlichung war) konnten akzeptanzfördernde und akzeptanzhemmende Faktoren

²Im Rahmen dieser Arbeit werden die Mittelwerte mit dem Kürzel M und die Standardabweichungen mit dem Kürzel SD dargestellt.

ausgemacht werden (zur Übersicht s. Tabelle 3.1). Diese beziehen sich auf den Einsatz der Roboter in der Sprachtherapie sowohl in Kliniken, Rehabilitationszentren, als auch (vorrangig) in einer sprachtherapeutischen Praxis. Hier werden wichtige Punkte ersichtlich, die die Akzeptanz gegenüber einem Roboter in der Therapie erhöhen können. Es wird jedoch auch ersichtlich, welche Fragen und Bedenken einem möglichen Einsatz in der Sprachtherapie noch gegenüber stehen: Ein wichtiger Punkt, der als akzeptanzfördernder Faktor ausgemacht werden konnte, ist die Benutzerfreundlichkeit des Roboters. Dies umfasst, dass er leicht zu bedienen und gut zu warten ist, er störungsunanfällig und langlebig, sowie platzsparend und möglichst transportabel ist, damit er auch bei Hausbesuchen zum Einsatz kommen kann. Ein weiterer Förderfaktor betrifft die Bezahlbarkeit des Roboters. Dieser sollte einen realistischen (möglichst günstigen) Anschaffungspreis aufweisen, der für den Einsatz in der Therapie angemessen ist. Es wurden zudem Vorschläge geäußert, dass die vermutlich hohen Kosten von der Krankenkasse übernommen werden sollten oder ein Roboter gemietet werden könnte. Der Roboter sollte zudem möglichst natürlich kommunizieren können. So sollte er eine angenehme, gut verständliche Stimme haben und flüssig und korrekt intonieren. Ein befragter Therapeut äußerte zudem, dass der Roboter auch Alltagssprache verstehen sollte, die Dialekte umfasst. Ein nächster Faktor zur Förderung der Akzeptanz betrifft das freundliche und sympathische Auftreten des Roboters in der Therapie. Der Roboter sollte sympathisch wirken, eine angenehme Stimme haben und neugierig machen. Auch ein flexibles Verhalten des Roboters könnte die Akzeptanz fördern. Der Roboter sollte, nach Aussage der Therapeuten, spezifisch an bestimmte Störungsbilder angepasste Verhaltensweisen aufweisen. Er sollte jedoch variabel sein, mit dem Zweck, möglichst viele Störungsbilder abdecken zu können. Hierfür müßte er umprogrammierbar sein. Weiterhin sollte ein Roboter, nach Aussage der Befragten, für die Sprachtherapie motivierend wirken bzw. zur Unterstützung und Motivation der Patienten eingesetzt werden können. Der Roboter sollte Feedback geben können und im Zuge dessen Fehler des Nutzers erkennen und korrigieren können. Der nächste akzeptanzfördernde Faktor ist die Adaptivität des Roboters. Er sollte an die Bedürfnisse und das Verhalten der Patienten angepasst sein. Hinsichtlich des äußeren Erscheinungsbildes wurde darauf hingewiesen, dass der Roboter nicht abschreckend oder furchteinflößend aussehen sollte. Er sollte noch als Maschine erkennbar sein und nicht zu menschenähnlich wirken. Dennoch äußerten sich die Studienteilnehmer, dass der Roboter über ein interpretierbares Verhalten verfügen sollte. Zur Förderung der Akzeptanz sollte ein Roboter für die Therapie eine eindeutig interpretierbare Mimik aufweisen und klare Reaktionen geben. Der letzte identifizierte akzeptanzfördernde Faktor betrifft die Speicherfähigkeit des Roboters. So ist es der Wunsch der befragten Therapeuten, dass der Roboter eine sprachliche Interaktion aufzeichnen kann und die Ergebnisse speichert bzw. für den Therapeuten zur Analyse gut wiedergeben kann.

Als akzeptanzhemmend ist ein Verhalten zu beurteilen, bei dem der Roboter den Eindruck vermittelt, dass er die Kommunikation zwischen den Menschen ersetzen soll. Diesbezüglich wurde in der Befragung geäußert, dass ein Roboter eine Mensch-Mensch Kommunikation nicht ersetzen kann (Beispielzitat: *"Ein Roboter kann die Kommunikation zwischen Menschen niemals ersetzen"*). Dahinter steht die Angst, dass wichtige Kommunikationsfaktoren durch den Einsatz von Robotern verloren gehen können. Ein weiterer Sprachtherapeut brachte an, dass Kommunikation etwas *"ur-menschliches"* und eine Verlagerung der Kommunikation auf Maschinen *"schräg"* wäre. Der nächste identifizierte akzeptanzhemmende Faktor betrifft die Isolation der Patienten. Ein Roboter sollte nicht zu einer weiteren Isolation beitragen.

Hier werden Bedenken geäußert, dass nachher nur noch mit dem Roboter kommuniziert wird und nicht mehr der Kontakt zu anderen Menschen gesucht wird (bezogen insbesondere auf Patienten höheren Alters und Personen mit Autismus). Ein akzeptanzhemmender Faktor ist es außerdem, wenn der Roboter den Eindruck vermittelt, dass er den Therapeuten ersetzen soll. Hier stehen Existenzängste der Sprachtherapeuten im Fokus. Es wird befürchtet, dass durch die stärkere Technologisierung der Therapeut nicht mehr gebraucht wird, zumindest nicht in der bisherigen Art und Weise. Unsicherheit im Umgang mit Robotern kann weiterhin ein akzeptanzhemmender Faktor sein. Vielen der befragten Sprachtherapeuten fehlen Vorkenntnisse und schrecken davor ab, dass der Roboter zu kompliziert in der Benutzung ist oder können sich schlecht vorstellen, wie ein Roboter genutzt werden könnte. Transparenz und Aufklärung können dem entgegenwirken. Einen Einfluss auf die Akzeptanz kann auch der hohe Aufwand einen Roboter einzusetzen sein. Wenn die Vorbereitungszeit, den Roboter in der Therapie einzusetzen zu lang bzw. der Aufwand zu hoch ist, dann schrecken viele Therapeuten davor ab ihn zu nutzen. Der letzte akzeptanzhemmende Faktor betrifft das Kosten-Nutzen-Verhältnis. Hierbei wird angesprochen, dass sich ein Therapeut für seine logopädische Praxis vermutlich keinen Roboter leisten kann oder nur zu einem solch hohen Preis, der in keinem Verhältnis zum Nutzen steht.

3.2 Einstellungen von neurologischen Patienten hinsichtlich eines Robotereinsatzes in der Therapie

In der von mir konzipierten und betreuten Studie, die Rieke (2013) [245] im Rahmen ihrer Masterarbeit durchführte, wurden die Einstellungen neurologischer Patienten mit Aphasie, Dysarthrie³ und/oder Dysphagie⁴ hinsichtlich der Nutzung eines sozialen Roboters in der Sprachtherapie erfragt. Es wurde sicher gestellt, dass das Sprachverständnis und die Sprachproduktion ausreichend unbeeinträchtigt waren, sodass die 28 Probanden (15 männlich, 13 weiblich) die Fragen verstehen und sich dazu äußern konnten. 15 Patienten wiesen eine leichte sprachsystematische Störung auf (Aphasie) und 13 Patienten eine nicht sprachsystematische Störung (Dysarthrie: N = 11, Dysphagie: N = 2). Das Alter der Probanden lag zwischen 37 und 86 Jahren (M = 64,39; SD = 7.4). Die Befragung orientierte sich an der im vorherigen Abschnitt vorgestellten Befragung von Malchus et al. (2013) [196]. In der Masterarbeit wurde insbesondere der Einfluss von Alter, Geschlecht und Störungsbild auf die intentionale Akzeptanz eines Roboters für die Sprachtherapie, beschrieben.

Insgesamt war die Offenheit der neurologisch beeinträchtigten Patienten gegenüber der Nutzung eines Roboters in der Sprachtherapie recht hoch (M = 5,25; SD = 1.43⁵). Das gleiche gilt für die Absicht, einen Roboter in der Therapie zu nutzen. Hier lag der Mittelwert

³Eine Dysarthrie ist, nach Franke (2004) [109], eine Störung des Sprechens und der Stimme infolge von Erkrankungen und Läsionen der unteren Hirnnervenkerne oder ihrer zentralen Innervation, der beidseitigen Pyramidenbahn wie der entsprechenden Rindengebiete. Die Ursache können Geburtstraumen, Durchblutungsstörungen, Tumore, Schädel-Hirn-Traumen oder hirnatrophyische Prozesse sein.

⁴Eine Dysphagie ist, nach Franke (2004) [109], eine Schluckstörung, die peripher bedingt durch Entzündungen oder Tumore des Ösophagus auftreten kann, sowie zentral bedingt durch Erkrankungen der Hirnnervenkerne und der diesen Bereich versorgenden Nervenbahnen.

⁵Der Mittelwert berechnet sich aus den Angaben der Studienteilnehmer auf einer 7-stufigen Skala von 1 = gar nicht offen gegenüber Robotern bis 7 = sehr offen gegenüber Robotern.

Tabelle 3.1: Tabellarische Darstellung der akzeptanzfördernden und akzeptanzhemmenden Faktoren. Aufgeführt sind die einzelnen Faktoren, die auf der Basis der Angaben der Studienteilnehmer identifiziert werden konnten. Beispielhafte Äußerungen aus der Befragung sind hinter den jeweiligen Faktoren aufgeführt.

	Label	Zitate (Auszüge)
Akzeptanzfördernde Faktoren	Benutzerfreundlichkeit	„platzsparend“, „gut transportabel“, „widerstandsfähig“, „leicht bedienbar und nicht störanfällig“, „leicht zu reinigen“
	Geringe Kosten	„preisgünstig“, „bezahlbar“, „von der Krankenkasse finanziert“, „Miete“
	Natürlichkeit	„möglichst natürlich kommunizieren“, „natürlich sprechen“, „Alltagssprache“
	Freundlichkeit/ Sympathie	„freundlich und offen wirken“, „angenehme Stimme“, „Humor haben“, „sympatisch“, „angenehme Tonlage“
	Flexibilität	„für unterschiedliche Patienten leicht umzuprogrammieren sein“
	Motivationsförderung	„motivieren“, „zur Unterstützung und Motivation“
	Feedback	„direktes, korrektes, wiederholtes, unterhaltsames Feedback geben“, „Fehler des Nutzers erkennen und korrigieren“
	Adaptivität	„Adaptation“, „angepasst an die Bedürfnisse des Patienten“
	Aussehen	„kein furchteinflößendes Aussehen haben“, „ausreichend menschenunähnlich“, „nett aussehen“
	Interpretierbares Verhalten	„eine eindeutig interpretierbare Mimik haben“, „sehr genaue mimische Äußerungen“, „eindeutig“
	Speicherfähigkeit	„das er Dinge speichern kann“, „übersichtlich wiedergeben können, was gelaufen ist“, „sprachliche Interaktion aufzeichnen“
Akzeptanzhemmende Faktoren	Ersetzung der Mensch-Mensch Interaktion	„Ein Roboter kann die Kommunikation zwischen Menschen niemals ersetzen“
	Isolation	„...es gibt schon genug Isolation bei unseren Patienten“
	Ersetzung des Therapeuten	„kein Ersatztherapeut werden“
	Unsicherheit	„Bei älteren Patienten hätte ich derzeit Bedenken“, „Ich habe mich noch nie mit dem Gedanken beschäftigt“
	Hoher Aufwand	„Einführung neuer Technologien meist sehr zeitaufwendig“
	Kosten-Nutzen-Verhältnis	„kann sich meist kaum ein Therapeut leisten“

bei 5,13⁶ (SD = 1.51). Die Studie ergab zudem einen signifikanten Alters- und Geschlechtsunterschied. So zeigten jüngere Probanden eine höhere Bereitschaft einen Roboter in der Therapie zu nutzen als ältere Probanden und männliche Probanden eine höhere Bereitschaft als weibliche Probanden. Die Ergebnisse der Studie stehen im Einklang mit Studien von Kuo (2009) [173] und Scopelliti, Giuliani und Fornara (2005) [268], nach derer das Geschlecht in der Mensch-Roboter Interaktion eine Rolle spielt und Frauen gegenüber Robotern bzw. neuen Technologien eher skeptischer sind als Männer. Zudem entspricht es der Annahme, dass jüngere Menschen positiver gegenüber neuen Technologien eingestellt sind als ältere Menschen (vgl. Czaja & Sharit, 1998 [65]).

Den Probanden wurden außerdem Bilder des Roboters Flobi gezeigt, auf denen der Roboter entweder männlich oder weiblich wirkte⁷. Die Analyse der Daten ergab, dass die Mehrheit der Studienteilnehmer den weiblichen Roboter bevorzugte (64,92 Prozent). Bei einer Aufteilung nach männlichen und weiblichen Teilnehmern zeigte sich, dass insbesondere die Männer den weiblichen Roboter bevorzugten (73,33 Prozent der Männer im Vergleich zu 53,85 Prozent der Frauen). Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen der Studie von Eyssel und Hegel (2012) [101]. Diese erforschten, inwieweit sich geschlechtsbezogene Stereotypen auch auf Roboter übertragen lassen. Resultat der Studie war, dass beispielsweise Aufgaben der Krankenpflege (und damit einhergehend Aufgaben im Gesundheitsbereich) eher einem weiblichen Roboter zugeordnet werden.

Die Gruppe der Patienten wurde ebenfalls zur Bedeutsamkeit einzelner Charakteristika eines Roboters im sprachtherapeutischen Kontext befragt. Ebenso wie in der Studie von Malchus et al. (2013) [196] wurde das Aussehen des Roboters als am wenigsten wichtig erachtet (M = 4,61; SD = 1.85)⁸. Dieser Mittelwert liegt sogar noch unter dem Mittelwert, den die Befragung der Sprachtherapeuten ergab. Als wichtigstes Charakteristikum wurde die Sprachproduktion angegeben (M = 6,46; SD = 1.0). Zudem wurden die Probanden gefragt, welche sozialen Fähigkeiten sie bei dem Roboter als besonders wichtig erachten, sollten sie mit diesem in der Sprachtherapie interagieren. Dabei kam heraus, dass es ihnen besonders wichtig ist, dass der Roboter aufmerksam ist (M = 6,18; SD = 1.39). Im Vergleich am wenigsten bedeutsam, schien den Probanden, dass der Roboter freundlich ist (M = 5,18; SD = 1.61). Dies ist jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da der Mittelwert immerhin auch noch recht hoch ist und für *wichtig* steht (ein statistischer Vergleich zwischen den Angaben der Probanden wurde nicht vorgenommen).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der zwei Studien, dass von beiden Seiten ein Interesse besteht, Roboter im sprachtherapeutischen Kontext einzusetzen. Sowohl professionelle als auch nicht-professionelle Nutzer stehen einem Robotereinsatz nicht negativ gegenüber. Dies entspricht dem allgemeinen Bild, dass der Einsatz von Robotern im Gesundheitswesen häufig positiv gesehen wird (beispielsweise Tiwari et al., 2010 [295]; Butter et al., 2008

⁶Der Mittelwert berechnet sich aus den Angaben der Studienteilnehmer auf einer 7-stufigen Skala von 1 = keine Absicht den Roboter zu nutzen bis 7 = sehr hohe Absicht den Roboter zu nutzen.

⁷Hier wurde der Roboter mit unterschiedlicher Haarlänge und verschiedenen Lippen und Augenbrauen präsentiert, die die Wirkung eines männlichen oder weiblichen Roboters verstärken kann (s. auch Eyssel & Hegel, 2012 [101]).

⁸Der Mittelwert bezieht sich auf die Angaben der Studienteilnehmer auf einer Skala von 1 = nicht wichtig bis 7 = sehr wichtig.

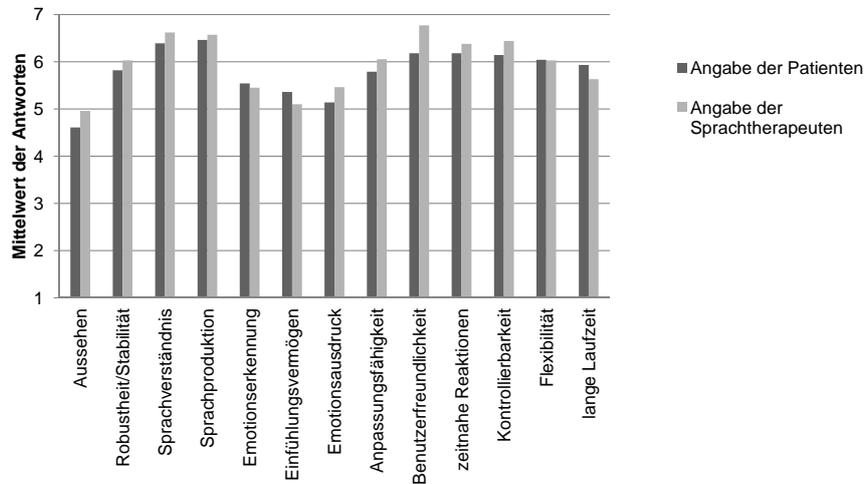


Abbildung 3.2: Mittelwert der Antworten zu den notwendigen Charakteristika eines Roboters für die Sprachtherapie aus Sicht von Sprachtherapeuten und Patienten auf einer 7-stufigen Skala von 1 = unwichtig bis 7 = sehr wichtig (vgl. Malchus et al., 2013 [196]).

[46]). Das Ergebnis ist als gute Voraussetzung zu werten, um den nächsten Schritt zu gehen und den Einsatz eines sozialen Roboters in der Praxis zu erproben (siehe Kapitel 7). Dadurch sind umfassendere Aussagen möglich, die nicht nur die in diesen Studien untersuchte Einstellungsakzeptanz und intentionale Akzeptanz betreffen, sondern auch die Verhaltensakzeptanz (vgl. Beer et al., 2011 [20]). In den qualitativen Auswertungen konnten jedoch auch akzeptanzhemmende Faktoren ausgemacht werden, wie die Sorge um eine zunehmende Isolation des Patienten, die Sorge um den eigenen Arbeitsplatz oder die Sorge, dass der Einsatz von Robotern nicht bezahlbar ist. Nach Heerink et al. (2010) [130] haben solche Sorgen einen Einfluss auf den wahrgenommenen Nutzen des Roboters und auf die Absicht ihn einzusetzen. Solche Äußerungen, die zeigen, dass die Studienteilnehmer zum Teil gemischte Gefühle hinsichtlich eines Robotereinsatzes in der Therapie haben, konnten auch Tsui und Yanco (2007) [299] in ihrer Studie finden. Dort wurden von dem Gesundheitspersonal insbesondere die hohen Kosten eines Roboters betont. Hinsichtlich der notwendigen Charakteristika eines Roboters für die Sprachtherapie zeigte sich anhand der Studien, dass das Erscheinungsbild des Roboters im Vergleich zu den sozial-kommunikativen Fähigkeiten als weniger wichtig erachtet wird. Eine grafische Darstellung der Angaben der professionellen und nicht professionellen Nutzer (Therapeuten und Patienten) zu den Charakteristika eines Roboters für die Sprachtherapie ist der Abbildung 3.2 zu entnehmen. Anhand dieser wird ersichtlich, dass den professionellen Nutzern die Benutzerfreundlichkeit besonders wichtig ist. Dies überrascht nicht, ist es doch einer der wichtigsten Punkte, die die Akzeptanz einer Technologie beeinflussen (s. Davis (1989) [73]; Heerink (2010) [129]). Zudem steht dieses Ergebnis im Einklang mit den Ergebnissen von Butter et al. (2008) [46], die ebenfalls heraus fanden, dass für die Robotik im Gesundheitswesen eine hohe Benutzerfreundlichkeit

akzeptanzfördernd ist. Den nicht-professionellen Nutzern hingegen ist die Sprachproduktion besonders wichtig. Die Notwendigkeit einer dynamischen, natürlichen Dialogführung konnten auch Kipp und Kummert (2014) [163] mit ihrer Studie zeigen. Hier wurde im Rahmen eines Memoryspiels ein Vergleich statischer und dynamischer Satzstrukturen des Roboters vorgenommen. Das dynamische System führte dabei zu einer höheren Zufriedenheit. Neben den sprachlichen Fähigkeiten des Roboters, empfanden die nicht professionellen Nutzer zudem die Aufmerksamkeit des Roboters wichtig. Dies Ergebnis passt zu dem von Bruce, Nourbashsh und Simmons (2002) [43]. Diese konnten in einer experimentellen Überprüfung zeigen, dass die Kompetenz eines Roboters aufmerksam zu sein (z.B. sich dem Gegenüber zuzuwenden) in der Mensch-Roboter Interaktion von Bedeutung ist. Auch wenn das Aussehen als am wenigsten wichtig erachtet wird, so bevorzugen die nicht-professionellen Nutzer für die Sprachtherapie dennoch die weibliche Version des Roboters. Dies steht im Einklang mit der Studie von Eyssel und Hegel (2012) [102], nach denen bei sozialen Aufgaben, wie beispielsweise die Pflege kranker Personen, eher weiblich wirkende Roboter bevorzugt werden. All diese Punkte sollten beim Praxistest und in weiteren Studien berücksichtigt werden. Darüber hinaus muss jedoch betont werden, dass es sich hier bei den nicht professionellen Nutzern um neurologische Patienten handelte (Patienten mit Aphasie, Dysarthrie und Dysphagie). Es ist unklar, ob sich die Ergebnisse der Studie auf andere Patientengruppen übertragen lassen. Daher wurde ergänzend eine Studie zur Akzeptanz robotischer Systeme bei Patienten mit ASS durchgeführt.

3.3 Einstellungen von Personen mit ASS gegenüber Robotern

In diesem Abschnitt wird auf die Akzeptanz von Robotern aus Sicht der Personen mit ASS eingegangen. Hierbei werden Teile eines größeren Forschungsprojekts zur *Wahrnehmung von und Interaktion mit sozialen Robotern bei Autismus* vorgestellt (s. auch Damm et al., 2013 [67]). In diesem Abschnitt werden zum Einen die Ergebnisse der Wortassoziationsaufgabe zum Begriff *Roboter* berichtet und zum Anderen die Ergebnisse der Messung mit dem NARS (s. Nomura et al, 2004 [221]). Ziel der Durchführung der Wortassoziationsaufgabe war es, herauszufinden, was Personen mit ASS mit dem Begriff *Roboter* verbinden. Da Begriffe nicht nur auf der Basis ihrer eigenen Bedeutung, sondern auch auf der Basis der Verbindung mit anderen Wörtern klassifiziert werden (Church & Hanks, 1990 [58]), können die Ergebnisse dieser Studie hilfreiche Informationen zur Einordnung des Begriffs *Roboter* bei Personen mit ASS liefern. Generell dienen Wortassoziationsaufgaben dazu, spontane gedankliche Verknüpfungen, die ein Mensch mit einem ihm vorgegebenen Wort hat, zu identifizieren (z.B. Nelson, McEvoy, & Dennis, 2000 [218]; Merten, 2002 [205]). So können Hinweise darauf gefunden werden, wie die Gedanken und Gefühle eines Menschen hinsichtlich eines entsprechenden Ausgangsreizes sind bzw. inwieweit es semantisch-lexikalische Verknüpfungen zwischen dem Ausgangsreiz und den Äußerungen gibt. Zudem sind die Äußerungen weitestgehend automatische Reaktionen und von Effekten sozialer Erwünschtheit weitgehend unbeeinflusst (s. Kulich, El-Sehity, & Kirchler, 2005 [172]). Dies ist als ein Vorteil der qualitativen Analysemethode zu werten. Darüber hinaus wird, im Gegensatz zu den vorherigen beiden Studien, zur Messung der Einstellungsakzeptanz die Negative Attitude towards Robots Scale (Nomura et al., 2004 [221]) eingesetzt. Dies hat u.a. den Grund, dass der NARS-Fragebogen schneller durchführbar ist als die Befragungen der Studien von Malchus et al. (2013) [196] und Rieke (2013) [245]. Dies war, im Rahmen des großen Forschungsprojekts, das mehrere Untersuchungen beinhaltete, ein entscheidendes Kriterium. Die

Untersuchungsdauer sollte, insbesondere aus Rücksicht auf die Patienten mit ASS, so kurz wie möglich sein. Die Negative Attitude towards Robots Scale (NARS) von Nomura et al. (2004) [221] ist ein Fragebogen, der sich in drei Unterkategorien aufteilt. Er wird häufig eingesetzt um die Akzeptanz von Personen gegenüber robotischen Systemen zu messen. Studien, in denen der NARS eingesetzt wurde, zeigten u.a. kulturelle Unterschiede in den Einstellungen gegenüber Robotern (Bartneck, Nomura, Kanda, Suzuki, & Kennsuke, 2005 [16]), dass sich die Einstellungen gegenüber Robotern nach einer Interaktion mit einem Roboter von den Einstellungen gegenüber Robotern vor einer Interaktion unterscheiden (Bartneck, Suzuki, Kanda, & Nomura, 2006, [15]) und dass sich die Einstellungen Robotern gegenüber aufgrund unterschiedlicher Versuchsbedingungen in einer Mensch-Roboter Interaktion unterscheiden können (Syrdal, Dautenhahn, Koay, & Walters, 2009 [283]). Ausgangspunkt dieser Untersuchung sind Studien, die zeigen, dass Personen mit ASS bevorzugt mit einem Roboter interagieren (z.B. Robins et al., 2006 [250]). Eine Studie von Simut et al. (2012) [272], bei der an der Fähigkeit zur sozialen Interaktion gearbeitet wurde, zeigte, dass die Kinder mit Autismus bei dem in der Studie eingesetzten Roboter weniger Aufforderungen sozial zu interagieren benötigten, als wenn sie mit einem Menschen interagieren sollten. Weiterhin interagierten die Probanden häufiger spontan in der Situation mit einem Roboter im Vergleich zur Situation mit einem Menschen. Mögliche Erklärungsansätze berufen sich auf ein erhöhtes Interesse an dem in der Studie eingesetzten Roboter, sowie einer damit einhergehenden herabgesetzten Hemmschwelle seitens der teilnehmenden Probanden mit Autismus gegenüber dem Roboter (s. Simut et al., 2012 [272]). In einer Studie von Robins, Dautenhahn und Dubowski (2004) [253] untersuchten diese die Reaktionen auf einen Schauspieler, der sich wie ein Roboter verhielt und auf einen Roboter, der entweder über ein paar soziale Charakteristika verfügte oder sehr mechanisch und einfach gestaltet war. Die Kinder mit ASS präferierten für die Interaktion den einfach gestalteten Roboter gegenüber dem Roboter mit den sozialen Eigenschaften. Bei einem Vergleich der Interaktion der Kinder mit dem einfach gestalteten Roboter und dem Schauspieler der sich *robotisch* verhielt zeigte sich, dass die Reaktionen auf den einfachen Roboter sozialer und pro-aktiver waren. Die Autoren schlussfolgern für die roboterunterstützte Autismustherapie, dass ein Roboter mit nur einfachen und nicht zu menschenähnlichen Charakteristika besser geeignet ist, als ein sehr menschenähnlicher, humanoider Roboter.

Im Rahmen des multidisziplinären Forschungsvorhabens zur *Wahrnehmung von und Interaktion mit sozialen Robotern bei Autismus*, dass mit Kooperationspartnern an der Universität Marburg durchgeführt wurde, wurde u.a. eine Eyetrackingstudie zum Blickverhalten in der Interaktion zwischen den Patienten und dem Roboter Flobi durchgeführt (s. Damm et al., 2013 [67]). Die Einschlusskriterien aller Teilnehmer, die für sämtliche Studien des Forschungsprojekts gültig sind, waren (1) ein Alter zwischen 18 und 40 Jahren, (2) Rechtshändigkeit (nach dem Edinburgh Händigkeitstest, Oldfield, 1971 [225]) und (3) dass die Teilnehmer einwilligungs-, einsichts- und aufklärungsfähig waren. Die Einschlusskriterien für die Patienten mit ASS lauteten (1) Diagnose eines Asperger Autismus, frühkindlichen Autismus oder atypischen Autismus (nach ICD-10) mit Hilfe der Testverfahren ADOS-G (Autism Diagnostic Observation Schedule-Generics, Rühl, Bölte, Feineis-Matthews, & Poustka, 2004 [259]), Vineland Adaptive Behavior Scales (Sparrow, Cicchetti, & Balla, 1989 [276]), HAWIK III (Hardesty, Wechsler, & Bondy, 1966 [125]), DIPS (Margraf, Schneider, & Ehlers, 1991 [300]) und ADI-R (Lord, Rutter, & Le Couteur, 2005 [186]). Diese wurden aus den stationären, teilstationären und ambulanten Bereichen der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie sowie der Klinik für Kinder- und Jugendlichenpsychiatrie der Philipps-Universität Marburg rekrutiert. Als Ausschlusskriterien für alle Teilnehmer wurden (1) Drogen- und Alkoholabusus, (2) akute Suizidität, (3) körperliche Erkrankungen, die nach Art und Schwere mit den

geplanten Untersuchungen inferieren, (4) beschränkte oder aufgehobene Geschäfts- oder Einwilligungsfähigkeit, (5) Unfähigkeit das Studienprotokoll einzuhalten, (6) BMI unter 18, BMI über 30 und (7) Intelligenzquotient unter 90 formuliert. Ziel der Studie von Damm et al. (2013) [67] war es, herauszufinden, inwieweit sich Unterschiede im Blickverhalten von Personen mit ASS in einer möglichst natürlichen Interaktionssituation mit einem Roboter oder einem Menschen zeigen. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Blickverfolgung in der direkten Interaktion mit dem sozialen Roboter besser und zielgenauer gelingt, als in der Interaktion mit einem menschlichen Gegenüber. Die Ergebnisse bestätigen diese Hypothese. Die Patienten mit ASS betrachteten zu 60,89 % der Zeit das Gesicht des Roboters, wohingegen sie das Gesicht des menschlichen Interaktionspartners nur zu 34,45 % der Zeit beobachteten (Wilcoxon Test; $p = 0.043$). Im Gegensatz dazu betrachteten die gesunden Kontrollprobanden den Roboter zu 59,07 Prozent der Zeit und zu 56,36 Prozent den menschlichen Interaktionspartner (Wilcoxon Test; $p = 0.767$). In Hinblick auf den zeitlichen Verlauf der Interaktion zeigte sich, dass es einen signifikanten Abfall im Augenkontakt bei den Patienten mit ASS in der Interaktion mit dem Roboter gab (Wilcoxon Test; $p = 0.719$). Der Augenkontakt der Patienten mit ASS war zu Beginn der Interaktion häufiger als am Ende der Interaktion. Ausgehend von der Frage nach der Akzeptanz eines Roboters in der Interaktion zeigen die Ergebnisse, dass die Verhaltensakzeptanz (s. Beer et al., 2011 [20]) der Probanden mit ASS dem Roboter gegenüber hoch ist.

Offen ist, ob sich diese Präferenz des Roboters, die sich im Verhalten der Patienten mit ASS zeigt, auch anhand der Einstellungen der Personen mit ASS gegenüber Robotern messbar ist. Dies müsste, geht man von den Modellen zur Technologieakzeptanz aus (s. Davis, 1989 [73], Venkatesh et al., 2003 [303]) der Fall sein.

Fragestellungen

Zusammengefasst und basierend auf den Ergebnissen der vorgestellten Studien ergeben sich daher für diese Studie folgende Fragen:

- Unterscheiden sich die Einstellungen von Probanden mit ASS gegenüber einem Roboter von den Einstellungen von Probanden ohne ASS?
- Gibt es Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen hinsichtlich der einzelnen NARS Subskalen S1 (Interaktion mit einem Roboter), S2 (sozialer Einfluss von Robotern) und S3 (Emotionen in der Interaktion mit Robotern)?
- Was assoziieren Personen mit ASS mit einem Roboter?
- Gibt es Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen hinsichtlich der geäußerten Assoziationen?

3.3.1 Methode

Probanden

An der Studie nahmen 38 Personen teil, von denen 16 die Diagnose Autismus-Spektrum-Störung (bzw. *high functioning ASS*) aufwiesen. Die anderen 22 Teilnehmer wurden der Kontrollgruppe zugewiesen. Alle Teilnehmer waren männlich. Die Probanden mit ASS waren im

Tabelle 3.2: Tabellarische Darstellung von Beispielsätzen für die einzelnen Subskalen der Negative Attitudes towards Robots Scale (S1, S2 und S3; nach Nomura et al., 2004) [221]

Subskala	Beschreibung der Skala	Beispielsätze
S1	Interaktion mit einem Roboter	Ich würde mich unwohl fühlen, wenn ich auf der Arbeit mit Robotern zu tun hätte.
S2	Sozialer Einfluss von Robotern	Ich würde mich unwohl fühlen, wenn Roboter tatsächlich Emotionen besäßen.
S3	Emotionen in der Interaktion mit Robotern	Ich wäre entspannt, wenn ich mit einem Roboter sprechen würde.

Mittel 21 Jahre alt ($SD = 3.09$). Die Probanden ohne ASS waren im Mittel 23,5 Jahre alt ($SD = 1.41$). Der IQ wurde mittels des Wechsler Intelligenz Test (von Aster, Neubauer, & Horn, 2006 [306]) gemessen. Der Mittelwert der Messung mit dem Intelligenztest ergab für die Gruppe der Probanden mit ASS einen Wert von $M = 112,5$ ($SD = 13.31$). Der berechnete Mittelwert der Messung mit dem Intelligenztest ergab für die Probanden ohne ASS einen Wert von $M = 111,65$ ($SD = 6.36$). Alle Teilnehmer hatten ein normales bzw. ein korrigiertes Sehvermögen (Brille/ Kontaktlinsen). Die Probanden der beiden Versuchsgruppen sprachen flüssig deutsch. Es gab es keinen Unterschied hinsichtlich ihrer Erfahrung mit Robotern, da keiner der Probanden zuvor bereits mit einem Roboter interagiert hatte. Die Probanden erklärten sich vor der Teilnahme schriftlich bereit an der Studie teilzunehmen. Die Experimente entsprachen den ethischen Prinzipien der Deklaration von Helsinki und wurden von der Ethikkommission der Philipps-Universität Marburg (FB 04) genehmigt.

Material

Die Negative Attitudes towards Robots Scale (NARS) von Nomura et al. (2004) [221] wurde den Probanden in einer deutschen Übersetzung vorgelegt. Der Fragebogen beinhaltet 3 Subskalen, die verschiedene Aspekten der Mensch-Roboter Interaktion beinhalten. Die Beurteilung erfolgt anhand einer 5-stufigen Skala, die von *stimme gar nicht zu* bis hin zu *stimme absolut zu* reicht. Beispielsätze, zu denen eine Beurteilung abgegeben werden sollte, sind der Tabelle 3.2 zu entnehmen.

Durchführung

Die Probanden wurden gebeten in einem ruhigen, schallisolierten Raum Platz zu nehmen. Nach der Aufklärung der Probanden und dem Unterzeichnen der Einverständniserklärung füllten die Teilnehmer der Studie den NARS – Fragebogen handschriftlich aus. Dieser lag den Studienteilnehmern in einer Papierversion vor. Die Durchführung der Wortassoziationsaufgabe orientierte sich an den Vorgaben des Regensburger Wortflüssigkeitstest (Aschenbrenner, Tucha, & Lange, 2000 [8]) und gestaltete sich wie folgt: Die Probanden wurden von dem

Versuchsleiter instruiert, so viele Wörter wie möglich, in der vorgegebenen Zeit von 1 Minute zu nennen, die Ihnen zu dem Begriff *Roboter* einfielen. Sie wurden zudem aufgefordert keine Wörter mehrfach zu nennen oder den Begriff *Roboter* zu wiederholen. Weiterhin wurden sie gebeten keine Eigennamen zu nennen oder Wörter, die mit dem gleichen Wortstamm beginnen (z.B. *Plastikarm* - *Plastikgehäuse*). Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen. Proband und Versuchsleiter wurden während der Durchführung der Aufgabe mit einer Panasonic HD Videokamera aufgezeichnet. Dadurch konnten die Äußerungen der Probanden später transkribiert und analysiert werden.

Analyse der Wortassoziationsaufgabe

Die produzierten Äußerungen der Probanden mit ASS und der gesunden Kontrollprobanden wurden im Nachhinein mit Hilfe des Annotationsprogramms Elan (s. z.B. Wittenburg, Brugman, Russel, Klassmann, & Sloetjes, 2006 [323]), das am Max Plack Institut für Psycholinguistik (Nijmegen, Niederlande) entwickelt wurde, transkribiert. Diese Transkriptionen bildeten die Ausgangslage für die Analyse der Daten. Bei der Analyse wurde sich an dem Auswertungsschema des Regensburger Wortflüssigkeits-Test (Aschenbrenner et al., 2000[8] orientiert. Zunächst wurden ungültige Nennungen identifiziert. Diese wurden definiert als Nennungen, die entweder zuvor schon genannt wurden ("*Schraube-Technik-Schraube*"), Nennungen, die das Wort *Roboter* darstellten oder Nennungen, die nicht im Duden der deutschen Sprache aufgeführt werden. Eigennamen, wie Bezeichnungen von Robotern, wurden separat gewertet. Die Wortgenerierungsleistung *richtiger Nennungen* während der Wortassoziationsaufgabe drückte sich durch die Anzahl geäußerter Wörter nach Abzug der ungültigen Nennungen aus. Zudem wurde eine qualitative Analyse der Daten vorgenommen. Hier wurden die Worttypen (Nomen, Adjektive, Verben, Um- und Beschreibungen) näher betrachtet und eine Einteilung in neutrale Assoziationen und affektive Assoziationen vorgenommen. Zu der letzteren Gruppe zählen Äußerungen die entweder eine Emotion bezeichnen, z.B. "*Freude*", die einen emotionalen Zustand bezeichnen, z.B. "*glücklich*" oder emotionale Valenz und Arousal Komponenten aufweisen bzw. mit Emotionen verknüpft werden, z.B. "*Krieg*" oder "*Urlaub*". Hier wurde sich an der Definition emotionaler Wörter von Altarriba, Bauer und Benvenuto (1999) [2], sowie dem Beurteilungsschema von Wendt (2012) [316] orientiert.

3.3.2 Ergebnisse

NARS

Die Literatur liefert Hinweise, dass Personen mit ASS gerne mit Robotern interagieren. Um einen Unterschied hinsichtlich der Einstellungen der beiden Gruppen (Personen mit ASS und Kontrollgruppe) gegenüber den Robotern zu messen, wurde eine deutsche Übersetzung der Negative Attitudes towards Robots Scale (NARS) eingesetzt (Cronbachs Alpha = 0,7). Hier ergab sich für die Gruppe der Probanden mit ASS bei der Subskala 1 (Negative Einstellung gegenüber Interaktionssituationen mit einem Roboter) ein Mittelwert von 14,84 (SD = 3.53), bei der Subskala 2 (Negative Einstellung gegenüber dem sozialen Einfluss von Robotern) ein Mittelwert von 14,42 (SD = 3.6) und bei der Subskala 3 (Negative Einstellung gegenüber Emotionen in der Interaktion mit Robotern) ein Mittelwert von 8,62 (SD = 1.87). Bei der Kontrollgruppe ergab sich folgendes Ergebnis. Der Mittelwert für die Subskala 1 liegt bei 14,47 (SD = 4.97), für die Subskala 2 bei 14,16 (SD = 4.39)

und für die Subskala 3 bei 7,74 (SD = 1.76). Ein Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Skalen mit Hilfe einer einfaktoriellen ANOVA ergab für keine der Subskalen einen signifikanten Unterschied (Subskala 1: $F(1,36) = 0.114$, $p = 0.738$, Subskala 2: $F(1,36) = 0.192$, $p = 0.664$, Subskala 3: $F(1,36) = 2,651$, $p = 0.112$). Ein Überblick über die Mittelwerte der Gruppen hinsichtlich der einzelnen Subskalen ist in der Abbildung 3.3 dargestellt.

Wortassoziationsaufgabe

Zur Überprüfung der Fragestellung, was Personen mit ASS mit einem Roboter verbinden und inwieweit es Unterschiede im Vergleich zu Personen ohne ASS gibt wurde eine Wortassoziationsaufgabe durchgeführt. Die mittlere Anzahl der Gesamtnennungen lag bei der Gruppe der Personen mit ASS bei 13,18 (SD = 8.1). Der Mittelwert der Anzahl der richtigen Nennungen (basierend auf den in Abschnitt 3.3.2 vorgestellten Kriterien zur Analyse der Daten) lag bei 9,29 (SD = 5.64). Die mittlere Anzahl der Gesamtnennungen der Kontrollgruppe lag bei 13,67 (SD = 6.5). Der Mittelwert der Anzahl richtiger Nennungen lag bei 11,76 (SD = 5.18). Die Berechnung mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen für die Anzahl der Gesamtnennungen ($F(1,36) = 0.43$, $p = 0.837$). Zudem ergab die Berechnung mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse keinen signifikanten Unterschied zwischen der Anzahl richtiger Nennungen ($F(1,36) = 1,97$, $p = 0.169$). Hinsichtlich des Gebrauchs bestimmter Worttypen während der Assoziationsaufgabe zeigte sich ein signifikanter Unterschied für den Gebrauch von Adjektiven zwischen den Personen mit ASS und den Kontrollpersonen ($F(1,35) = 6,54$, $p = 0.015$). Personen mit ASS benutzten weniger Adjektive ($M = 1,1$, $SD = 0.45$) im Vergleich zu den gesunden Kontrollpersonen ($M = 4,2$, $SD = 3.2$). Beispiele geäußerter Adjektive sind "nützlich", "gefühllos", "mechanisch", "beweglich" oder "leistungsfähig". Darüber hinaus wurde berechnet, ob es einen Unterschied im Gebrauch emotional konnotierter Wörter zwischen den beiden Gruppen gibt. Die Berechnung ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Personen mit ASS und der Kontrollgruppe ($F(1,36) = 4,26$, $p = 0.046$). Die Kontrollgruppe ($M = 4,29$, $SD = 3.9$) äußerte im Rahmen der Assoziationsaufgabe mehr emotional konnotierte Wörter als die Gruppe der Personen mit ASS ($M = 2$, $SD = 2.37$). Beispiele emotional konnotierter Wörter sind die Begriffe "Gefühle", "Umstrittenheit", "sensibel", "emotionslos" und "befremdlich". Im Rahmen einer qualitativen Analyse der Daten zeigte sich, dass der am häufigsten assoziierte Begriff "Metall" war (insgesamt 11 Nennungen). Die von den Personen mit ASS am häufigsten genannten Begriffe sind "Metall" und "Kabel". Beide Begriffe wurden von 5 der 14 Personen mit ASS genannt. Weitere Begriffe, die von mehr als zwei Personen mit ASS geäußert wurden, waren "Strom" (4 Nennungen), "Technik" (3 Nennungen), "künstlich" (3 Nennungen), "Kamera" (3 Nennungen), und "Energie" (3 Nennungen). Der von den Kontrollpersonen am häufigsten genutzte Begriff war "künstlich" (8 Nennungen). Weitere Assoziationen, die von mehr als zwei Kontrollpersonen geäußert wurden, waren "Metall" (6 Nennungen), "Zukunft" (4 Nennungen), "Maschine" (4 Nennungen), "mechanisch" (4 Nennungen), "Science Fiction" (3 Nennungen), "nützlich" (3 Nennungen), "Programmierung" (3 Nennungen), "menschenähnlich" (3 Nennungen), "Mechanik" (3 Nennungen), "Computer" (3 Nennungen) und "Arbeitserleichterung" (3 Nennungen). Hierbei zeigte sich, dass sowohl die Personen mit ASS als auch die Kontrollpersonen viele technische Begriffe nutzen bzw. Begriffe, die mit der Konstruktion eines Roboters zusammen hängen. Dennoch zeigte sich, dass allein bei den Kontrollpersonen auch andere Assoziationen wie "Zukunft", "nützlich" oder "menschenähnlich" mehrfach geäußert wurden. Sie stehen eher

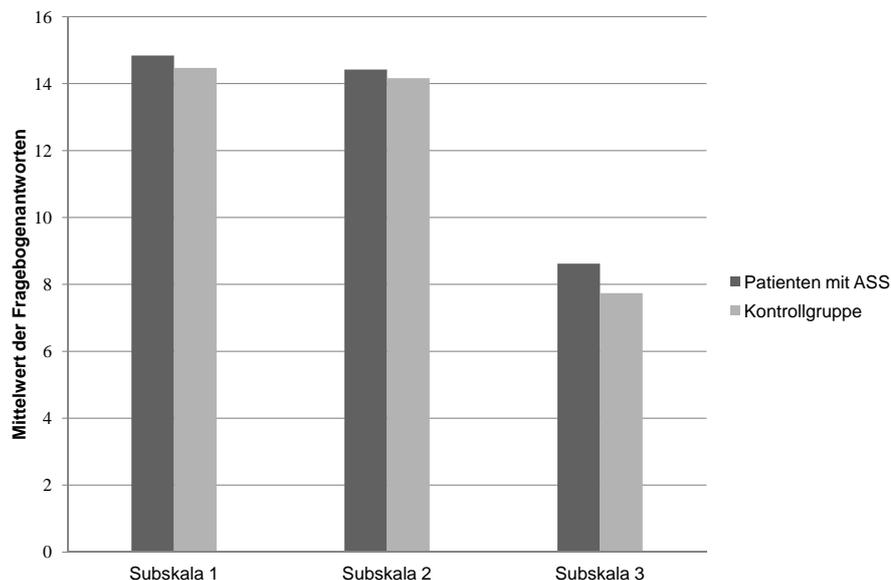


Abbildung 3.3: Graphische Darstellung der mittleren Antworten im NARS von den Probanden mit ASS und den gesunden Kontrollprobanden aufgeteilt nach den einzelnen Subskalen S1, S2 und S3.

für die Funktion eines Roboters, wie *”nützlich”* zu sein oder eine *”Arbeitserleichterung”*. Zusammengefasst verdeutlichen die Ergebnisse, dass Personen mit ASS signifikant weniger Adjektive und emotional gefärbte Wörter im Rahmen einer Wortassoziationsaufgabe zum Begriff *Roboter* nutzen als die Personen der Kontrollgruppe. Statt dessen äußern sie sehr viele technische Begriffe, die u.a. der Beschreibung einzelner Teile des Roboters dienen oder mit der Konstruktion eines Roboters im Zusammenhang stehen.

3.3.3 Diskussion

In dieser Studie wurde der Frage nachgegangen, inwieweit sich die Einstellungen von Probanden mit Autismus-Spektrum-Störung hinsichtlich der Einstellungen von Probanden ohne Autismus-Spektrum-Störung gegenüber einem Roboter unterscheiden. Zur Beantwortung der Frage wurde die Negative Attitudes Towards Robots Scale von Nomura et al. (2004) [221] genutzt, die ein weit verbreitetes Testverfahren zur Messung der Einstellung gegenüber Robotern ist. Die Untersuchung mit dem Fragebogen ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Personen mit ASS und den gesunden Kontrollprobanden. Dies betrifft alle drei Untertests des Fragebogens, bei denen es um die Interaktion mit Robotern, um den sozialen Einfluss von Robotern und um Emotionen in der Interaktion mit Robotern geht. Dieses Ergebnis überrascht, geht man davon aus, dass in vorherigen Studien die Probanden mit Autismus einem Roboter in der Interaktion einem Menschen den Vorzug gaben (z.B. Robins et al., 2004 [253]; Simut et al., 2012 [273]). Der Einsatz eines Roboters führte in diesen Studien dazu, dass Personen mit ASS eine erhöhte Bereitschaft zeigten, eine Interaktion zu beginnen und die

Interaktion über einen längeren Zeitraum aufrecht zu erhalten. Die mit den selben Probanden durchgeführte Studie von Damm et al. (2013) [67] zeigte zudem, dass die Personen mit ASS einem Roboter länger in das Gesicht schauen als einem menschlichen Gegenüber. Hier unterschied sich zudem das Blickverhalten der Versuchsgruppen dem Roboter bzw. dem Menschen gegenüber. Die Patienten mit ASS betrachteten den Roboter länger als die gesunden Kontrollprobanden. Dies ließ vermuten, dass sie einem Roboter gegenüber positiver eingestellt sind. Eine Erklärung der Ergebnisse zur Einstellungsakzeptanz könnte darin liegen, dass sich nicht ausschließen lässt, dass das Antwortverhalten der Probanden durch soziale Erwünschtheit beeinflusst war. Viele der Studienteilnehmer mit ASS erhielten bereits Therapie und wurden dahingehend geschult, was *sozial angemessenes Verhalten* ist. In einem später durchgeführten Interview äußerten einige der Probanden, dass sie davon gehört hätten, dass es Studien gibt, bei denen Roboter in der Autismustherapie eingesetzt werden. Einige betonten jedoch, dass eine Mensch-Roboter Interaktion keine Mensch-Mensch Interaktion ersetzen könne (s. auch Damm et al., 2013 [67]). Diese intensive Auseinandersetzung mit der Thematik kann bei der Beantwortung der Fragen des NARS durchaus eine Rolle gespielt haben. Darüber hinaus ist der Fragebogen als Messmethode in Frage zu stellen. Hier geht es um die Aspekte sozialer Interaktion, des sozialen Einflusses von Robotern und Emotionen in der Interaktion. Wie die Ergebnisse der Wortassoziationsaufgabe jedoch zeigen, verbinden die Personen mit ASS jedoch stärker mechanische und wenig soziale Aspekte mit Robotern. Die intensivere Betrachtung des Roboters könnte daher nicht nur auf das Interesse an der Interaktion mit dem Roboter zurück zu führen sein, sondern auch darauf, dass Flobi, trotz seiner sozialen Eigenschaften, noch als Maschine wahrgenommen wird. Dies wird von den Patienten mit ASS als positiv empfunden, was zu einer höheren Verhaltensakzeptanz führte. Andererseits kann der Gebrauch konkreter Wörter zur Beschreibung des Roboters auch darauf zurück zu führen sein, dass Patienten mit ASS Schwierigkeiten in der Verarbeitung emotionaler Informationen haben. Emotionale Wörter können nach Altarriba et al. (1999) [2] schwieriger aus dem Gedächtnis abgerufen werden als konkrete Wörter. Möglicherweise ist die Nennung konkreter Wörter zur Beschreibung der Roboter auch auf die Verarbeitungsschwierigkeiten zurück zu führen. Die Bedeutung der Ergebnisse hinsichtlich der mentalen Informationsverarbeitung bei ASS, sowie der Struktur semantisch-lexikalischer bzw. emotionaler Gedächtnisinhalte wird an dieser Stelle jedoch nicht näher thematisiert. Eine nähere Auswertung diesbezüglich, beispielsweise unter Einbezug des *Machine Learning*, wäre sicherlich lohnenswert. Gegebenenfalls könnte der Einsatz von machine learning-Techniken im Rahmen einer solchen Wortgenerierungsaufgabe als aussichtsreiche Methode zur Identifizierung charakteristischer Leistungsprofile von Patienten mit ASS sein, die ergänzend zur traditionellen Diagnostik durchgeführt werden kann (s. Gaspers et al., 2012 [114]; Thiele, 2013 [291]).

3.3.4 Zusammenfassung und Fazit

Zusammengefasst ergab die vorliegende Studie, dass sich die Personen mit ASS nicht von den gesunden Kontrollprobanden hinsichtlich der Einstellungsakzeptanz gegenüber Robotern (gemessen mit dem NARS) unterscheiden. Dies betrifft die Einstellungen gegenüber einer Interaktion mit Robotern, den sozialen Auswirkungen von Robotern und den emotionalen Aspekten einer Mensch-Roboter Interaktion. Die Annahme, Personen mit ASS haben eine positivere Einstellung Robotern gegenüber, konnte nicht bestätigt werden. Dieses Ergebnis ist bedeutsam für den Einsatz von Robotern in der Therapie. So scheinen die Jugendlichen/jungen Erwachsenen mit ASS, die an dieser Studie teilgenommen haben zwar im normalen

Rahmen an Robotern interessiert zu sein, es ist jedoch von keinem gesteigerten Sonderinteresse, das mit einer erhöhten Einstellungsakzeptanz Robotern gegenüber einhergeht, auszugehen.

3.4 Zusammenfassung des Kapitels

In diesem Kapitel wurden drei Studien vorgestellt, bei denen sich u.a. mit der Einstellungsakzeptanz und der intentionalen Akzeptanz (s. Beer et al., 2011[20]) gegenüber Robotern beschäftigt wurde. Ausgehend von Modellen zur Technologieakzeptanz (u.a. Davis, 1989 [73]) konnte bestätigt werden, dass die Offenheit von Sprachtherapeuten gegenüber Robotern die Intention einen Roboter in der Therapie einzusetzen beeinflusst. Auf Basis der Aussagen der Sprachtherapeuten konnte herausgefunden werden, wobei und wie der Roboter unterstützend in der Sprachtherapie eingesetzt werden kann. Insbesondere der Einsatz eines Roboters bei Patienten mit Aphasie ist für die Therapeuten vorstellbar. Dabei sollte der Roboter möglichst zuhause bei den Patienten genutzt werden (s. Malchus et al., 2013 [196]). Übungen, die mit dem Roboter durchgeführt werden könnten, sind nach Angabe der Sprachtherapeuten insbesondere Benennübungen, Sprachverständnisübungen und Hörübungen. Die Funktion des Roboters könnte vor allem in der Förderung der Motivation liegen. Die Anforderungen an einen Roboter in der Sprachtherapie sind sowohl von Seiten der professionellen Nutzer (Sprachtherapeuten) als auch von Seiten der nicht professionellen Nutzer (neurologische Patienten) sehr hoch. Am wichtigsten erscheint es den befragten Sprachtherapeuten, dass der Roboter benutzerfreundlich ist. Dies steht im Einklang mit dem Technologie Akzeptanz Modell (Davis, 1989 [73]) bzw. dem UTAUT Modell (Venkatesh et al., 2003 [303]). Die neurologischen Patienten mit Aphasie, Dysarthrie und Schluckstörung gaben an, dass ihnen die Sprachproduktion und die Aufmerksamkeit des Roboters besonders wichtig ist. Im Vergleich am unbedeutendsten ist für beide Gruppen der Befragten das Aussehen des Roboters. Dennoch bevorzugten die neurologischen Patienten in der Befragung den weiblich wirkenden Roboter. Neben den neurologischen Patienten wurden auch Personen mit ASS hinsichtlich ihrer Einstellung Robotern gegenüber untersucht. Hier zeigte sich, dass sich die Ergebnisse zur Einstellungsakzeptanz, die mittels des NARS erhoben wurden, nicht von denen der Kontrollgruppe unterscheiden.

4 Evaluation emotionaler Ausdrücke des Roboters Flobi

Die Kommunikation von Emotionen spielt in der Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen eine große Rolle (s. Malchus et al., 2012 [197]). Dabei ist der Ausdruck von Emotionen nicht nur wichtig, damit ein tragfähiger Dialog zwischen Patient und Therapeut möglich ist, sondern auch um die Therapeut-Patienten Beziehung zu fördern (s. Homburg und Lüdtke, 2003 [146]). Dies kann wiederum einen positiven Einfluss auf die sprachlichen Verbesserungen des Patienten haben (Lüdtke, 2004 [188]). Roboter können in der Therapie bei Personen mit Sprach- und Kommunikationsstörungen jedoch nicht nur zur Förderung sprachlicher und kommunikativer Fähigkeiten eingesetzt werden (z.B. Mubin und Al Mahmud, 2008 [213]), sondern auch zur Förderung emotionaler Fähigkeiten beispielsweise bei Personen mit ASS. Diese können Schwierigkeiten bei der Erkennung von Emotionen, der Verarbeitung emotionaler Informationen und den Reaktionen auf emotionale Ausdrücke haben (z.B. Baron-Cohen, 2004 [12]; Boraston et al., 2007 [29], Dziobek et al., 2010 [90]; Giganti & Esposito Ziello, 2009 [117]; Hobson, 1986 [142]; McIntosh et al., 2006 [201]; Wallace et al. (2008) [311]; näheres u.a. auch zur Inkonsistenz der Literatur zur Emotionserkennung bei ASS s. Kapitel 2). Forschungsarbeiten, die untersuchen, inwiefern emotionalen Kompetenzen, wie z.B. das Erkennen von Emotionen oder das Ausdrücken von Emotionen, mit Hilfe eines Roboters trainiert werden können, stammen z.B. von Pioggia et al., 2005 [232], Pioggia et al., 2008 [233] oder Plaisant et al. (2000) [234]. Ein Ansatz ist es, dass ein Roboter faziale Emotionsausdrücke darbietet, die von den Personen mit ASS erkannt werden sollen. Diesem Ansatz liegt zugrunde, dass Personen mit ASS bevorzugt mit einem Roboter interagieren (z.B. Robins et al., 2006 [250]). Zudem kann die Hemmschwelle, mit einem Roboter zu interagieren, herabgesetzt sein (s. Simut et al., 2012 [272]). Dies führt dazu, dass die Personen mit ASS dem Roboter häufiger in das Gesicht blicken als einem menschlichen Interaktionspartner. Im Rahmen der Studie von Damm et al. (2013) [67] konnte diese These bewiesen werden. Das häufigere bzw. intensivere Betrachten des robotischen Interaktionspartners kann dazu führen, dass faziale Emotionsausdrücke eher wahrgenommen werden. Studien, u.a. von Rosset et al. (2008) [258] konnten zeigen, dass emotionale cartoonartige Ausdrücke von Kindern mit ASS erkannt werden konnten, wohingegen es bei realen Gesichtern zu Schwierigkeiten beim Erkennen der Emotionsausdrücke kam. Emotionale Prozesse, die den Reaktionen auf emotionale Ausdrücke zugrunde liegen, wurden sowohl mit menschlichen, schematischen (Eger, Jacyk, Iwaki, & Skrandies, 2003 [93]) und robotischen Gesichtern (Dubal, Foucher, Jouvent, & Nadel, 2011 [88]) untersucht. Zudem gibt es Untersuchungen zur neuronalen Aktivität bei der Präsentation von Emotionsausdrücken eines Avatars (Moser, Derntl, Robinson, & Fink, 2007 [211]). Schematische Gesichter zeigen jedoch weniger Varianz als beispielsweise robotische Gesichter (s. Kolassa et al., 2009 [165]). Es ist daher, basierend auf Studien z.B. von Krach et al. (2008) [167], anzunehmen, dass die Reaktionen diesen gegenüber geringer ausfallen als gegenüber Robotern. Chaminade et al. (2010) [50] untersuchten, welche Hirnregionen bei der Wahrnehmung menschlicher und

robotischer fazialer Emotionsausdrücke beteiligt sind. Dazu nutzten sie den humanoiden Roboter WE4-RII, der in der Lage ist Ärger, Freude und Ekel mimisch auszudrücken. Die Ergebnisse der Messung mit dem fMRT zeigen erhöhte Reaktionen auf den Roboter im Vergleich zu den menschlichen Stimuli in den occipitalen und posterior temporalen Bereichen des Cortex, die für eine zusätzliche visuelle Verarbeitung bei der Perzeption mechanisch antropomorpher Agenten stehen. Dagegen sind die Aktivierungen in Regionen, die mit der Verarbeitung von Emotionen zusammenhängen, wie die linke anteriore Insel oder der orbitofrontale Cortex, in der robotischen Bedingung reduziert. Ergänzende Emotionsratings ergaben signifikant höhere Werte emotionaler Intensität für die menschlichen Ausdrücke von Ärger und Ekel im Vergleich zu den robotischen Ausdrücken. Studien, die niedrigere Erkennungsleistungen bei fazialen Emotionsausdrücken eines Roboters oder virtuellen Agenten im Vergleich zu menschlichen Emotionsausdrücken fanden, stammen beispielsweise von Berns und Jochen (2006) [25] oder Kätsyri, Klucharev, Frydrych und Sams (2003) [159].

Um zu überprüfen, ob der Roboter Flobi geeignet ist, im Rahmen einer Therapie von Personen mit ASS unterstützend eingesetzt zu werden, wurden dynamische emotionale Stimuli (Videoaufnahmen) erstellt. Diese dienen u.a. als Material zur Untersuchung des Blickverhaltens von Personen mit und ohne ASS im Rahmen des Forschungsprojekts *Wahrnehmung von und Interaktion mit sozialen Robotern bei ASS*. Die Videosequenzen zeigen den Roboter Flobi sowie einige männliche und weibliche Personen, die unterschiedliche emotionale Ausdrücke darbieten. In statischer Form wurden Emotionsausdrücke des Roboters Flobi bereits von Hegel (2010) [131] evaluiert. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass der Ausdruck von Trauer zu 99,2 % erkannt werden konnte, der Ausdruck von Freude zu 83,3 %, der Ausdruck von Ärger zu 81,2 %, der Ausdruck von Überraschung zu 54,5 % und der Ausdruck von Angst zu 33,5 %. Der ängstliche Ausdruck wurde vor allem mit einem traurigen Ausdruck verwechselt (51,2 %). Der Ausdruck von Überraschung mit dem Ausdruck von Angst (26,9 %). Die ergänzende Untersuchung dynamischer Emotionsausdrücke des Roboters ist darin begründet, dass dynamische Ausdrücke natürlicher sind als statische. Im Rahmen einer Mensch-Roboter Interaktion muss der Interaktionspartner immer einen bewegten mimischen Ausdruck bewerten. Die Übertragbarkeit der Evaluation statischer Ausdrücke für eine natürliche Interaktion ist daher eingeschränkt. Die Beschreibung der Stimuli, sowie der Ergebnisse der Evaluation wurden bereits durch ein Poster von Malchus et al. (2012) [193] unter dem Titel „Dynamic emotional facial expressions: A new dataset of robotic and human stimuli“ im Rahmen des Interdisziplinären Kollegs in Günne präsentiert. Im Folgenden wird auf die Erstellung der Stimuli und die Ergebnisse der Evaluation näher eingegangen.

4.1 Fragestellungen und Hypothesen

Im Rahmen dieser Evaluationsstudie werden folgende Fragen untersucht:

- Wie gut werden die emotionalen dynamischen Ausdrücke des Roboters Flobi im Vergleich zu emotionalen menschlichen Ausdrücken erkannt?
- Mit welchen Emotionen werden die vom Roboter dargestellten Ausdrücke im Zweifelsfall verwechselt?

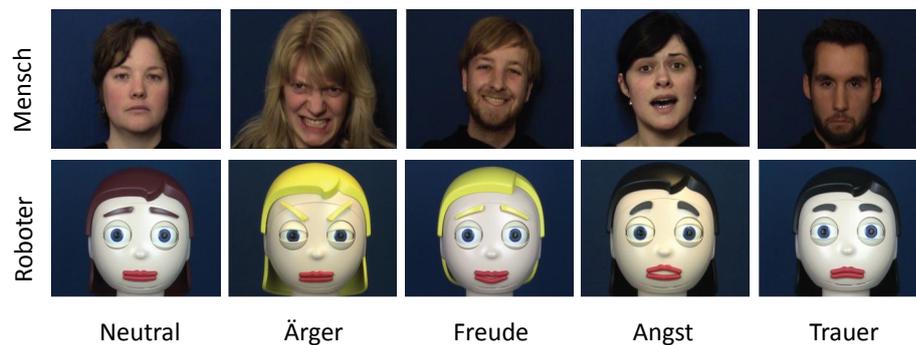


Abbildung 4.1: Die Abbildung beinhaltet eine Darstellung beispielhafter Emotionsausdrücke des Roboters und der Menschen für die Emotionen Freude, Ärger, Angst, Trauer und einen neutralen Ausdruck.

Basierend auf den Ergebnissen der Evaluationsstudie der statischen Ausdrücke des Roboters Flobi von Hegel (2010) [131] werden dazu folgende Hypothesen formuliert:

- (H1) Der Ausdruck von Trauer wird beim Roboter am besten erkannt.
- (H2) Insgesamt wird der Ausdruck von Freude sowohl bei den menschlichen als auch bei den robotischen Stimuli sehr gut erkannt.
- (H3) Die größten Schwierigkeiten gibt es bei der Erkennung des von dem Roboter dargestellten Ausdrucks von Angst.
- (H4) Der Ausdruck von Angst wird hierbei vorrangig mit dem Ausdruck von Trauer verwechselt.

4.2 Methode

4.2.1 Erstellung der Videoaufnahmen

Die Videoaufnahmen wurden sowohl vom Roboterkopf Flobi, als auch von Studenten bzw. Mitarbeitern der Universität Bielefeld gemacht. Dazu wurde eine Panasonic HD Kamera genutzt. Die Personen erklärten sich vorab schriftlich bereit, dass Videoaufzeichnungen von Ihnen angefertigt werden und zu Studienzwecken genutzt werden dürfen. Alle Videoaufnahmen, sowohl vom Roboter als auch von den menschlichen Teilnehmern, wurden vor dem selben blauen Hintergrund aufgenommen und zeigen das Gesicht des Agenten in frontaler Großaufnahme. Die Aufnahmen des Roboterkopfes wurden sowohl mit den weiblichen Haarteilen, als auch mit den männlichen Haarteilen der Farben braun, gelb und schwarz durchgeführt. Zudem wurde die Augenbrauen- und Mundpartie variiert. Für die Videoaufzeichnungen der menschlichen Gesichtsausdrücke wurden 6 Männer und 6 Frauen im Alter von 20 - 30 Jahren ausgewählt. Von diesen haben jeweils 2 blonde, 2 braune und 2 schwarze Haare. Vor der Aufzeichnung der Emotionsausdrücke, wurden die Probanden gebeten sich in den jeweiligen Emotionszustand hineinzufühlen. Dazu wurden den Teilnehmern Bilder der jeweiligen Emotionsausdrücke gezeigt. Von jedem Teilnehmer wurden die Emotionsausdrücke Freude, Ärger,

Trauer, Angst, sowie ein neutraler Ausdruck aufgezeichnet. Alle 110 Aufnahmen wurden mit Hilfe des Videoverarbeitungsprogramms Adobe Premiere Pro bearbeitet und geschnitten, dass die Gesamtdauer der Videosequenzen jeweils 4 Sekunden beträgt. Dabei beginnt jede Aufnahme mit einem neutralen Gesichtsausdruck und endet mit einem neutralen Gesichtsausdruck. Ein beispielhafte Darstellung der Emotionsausdrücke des Roboters und der Menschen ist in der Abbildung 4.1 dargestellt.

4.2.2 Probanden

Es wurden 25 Probanden (10 männlich, 15 weiblich; Altersdurchschnitt: $M = 24,1$; $SD = 2.23$) zur Evaluation der Videoaufzeichnungen an der Universität Bielefeld rekrutiert. Alle Studienteilnehmer waren Studenten der Universität Bielefeld und hatten ein uneingeschränktes bzw. korrigiertes Sehvermögen (Brille oder Kontaktlinsen). 24 Probanden waren deutsche Muttersprachler, wohingegen 1 Proband türkisch als Muttersprache angab. Der Bildungsgrad der Studienteilnehmer, gemessen durch die Anzahl der Ausbildungsjahre, lag im Mittel bei 17 Jahren ($SD = 1.66$). 12 der Studienteilnehmer äußerten sich, dass sie den Roboter Flobi vorab schon einmal gesehen hatten. Alle Teilnehmer erklärten sich schriftlich bereit, an der Studie teilzunehmen.

4.2.3 Studiendesign und Ablauf

Die Studie wurde entwickelt, um die dynamischen Emotionsausdrücke des Roboters Flobi zu evaluieren. Ziel war die Messung der Klassifikationsleistung und der Reaktionszeiten der Studienteilnehmer. Nach einer Instruktion der Probanden wurden diese in einen schwach beleuchteten, schallisolierten Raum vor einen Computerbildschirm mit 21“ und einer Bildschirmauflösung von 1280 x 1024 Pixel gesetzt. Die zu bewertenden Videoaufzeichnungen wurden in einer randomisierten Reihenfolge präsentiert. Zu Beginn des Experiments wurden 3 Übungsdurchgänge mit dem Probanden durchgeführt. Vor jedem Video wurde dabei ein Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms für 2 Sekunden angezeigt, darauf folgte die viersekündige Videoaufnahme mit dem jeweiligen Emotionsausdruck des Roboters oder des Menschen. Daran anschließend wurde eine Abbildung des vor ihnen liegenden Nummerpads auf dem Bildschirm angezeigt, auf dem eine Zahl einer Emotion zugeordnet war. Dabei entsprach die 2 dem Ausdruck von Angst, die 4 dem Ausdruck von Trauer, die 5 dem neutralen Ausdruck, die 6 dem Ausdruck von Ärger und die 8 dem Ausdruck von Freude. Die Probanden sollten nun den im Video präsentierten Gesichtsausdruck einschätzen und die jeweilige Emotion per Tastendruck auf dem Nummerpad auswählen. Dabei wurde sowohl die Reaktionsgenauigkeit bzw. Emotionsklassifikation als auch die Reaktionszeit mit Hilfe der Experimentalsoftware E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.) aufgezeichnet.

4.3 Ergebnisse

Hinsichtlich der Erkennungsleistung der Probanden betrug die Anzahl der korrekt klassifizierten menschlichen und robotischen Stimuli im Mittel 80 % ($SD = 8.3$ %). Die mittlere Reaktionszeit lag bei 936 ms ($SD = 612$ ms) ausgehend von dem Onset des Emotionsausdrucks. Die statistische Auswertung mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse ergab einen Unterschied zwischen den robotischen und menschlichen Stimuli sowohl hinsichtlich der

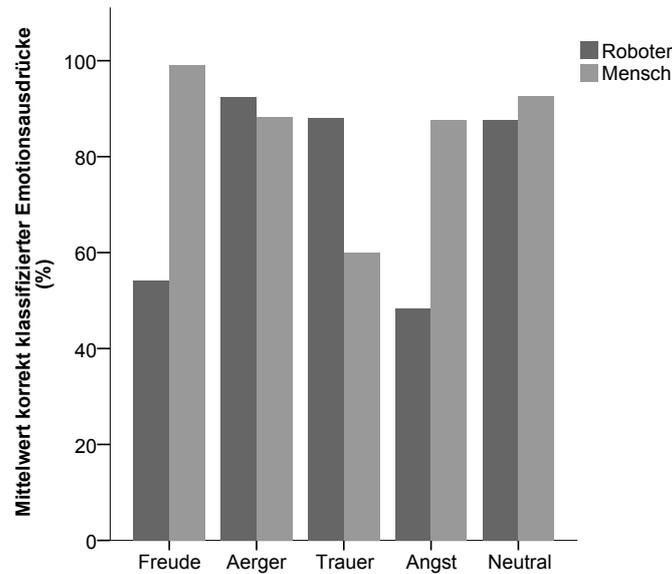


Abbildung 4.2: Graphische Darstellung der Mittelwerte korrekt klassifizierter emotionaler robotischer und menschlicher Ausdrücke aufgeteilt nach den Emotionen Freude, Ärger, Angst, Trauer und dem neutralen Ausdruck.

Erkennungsrate ($F(1,2748) = 63,81$, $p = 0.000$) als auch hinsichtlich der Reaktionszeit ($F(1,2748) = 4,51$, $p = 0.034$). Aufgeteilt nach Agenten (Mensch versus Roboter), konnten im Mittel 73 % (SD = 20,7 %) der Emotionsausdrücke des Roboters korrekt klassifiziert werden und 85 % (SD = 19,7 %) der Emotionsausdrücke der menschlichen Agenten. Zudem zeigte sich ein hoch signifikanter Haupteffekt für den Faktor Emotion bei der Erkennungsleistung der Emotionen ($F(1,2745) = 33,51$, $p = 0.000$) und bei der Reaktionszeit ($F(1,2745) = 16,37$, $p = 0.000$). Diese Ergebnisse zeigen, dass die Reaktionen auf die Ausdrücke sowohl für die Agenten als auch für die einzelnen Emotionen unterschiedlich sind. Während die Ausdrücke des Roboters im Mittel zu 73 % (SD = 20,7 %) erkannt werden konnten, wurden die Emotionsausdrücke der Menschen zu 85 % (SD = 19,7 %) korrekt klassifiziert. Ein Überblick über die Ergebnisse der Erkennungsleistung der Studienteilnehmer hinsichtlich der Emotionsausdrücke des Roboters und der Menschen aufgeteilt für die Emotionen Freude, Ärger, Angst, Trauer und den neutralen Ausdruck ist in der Abbildung 4.2 zu finden. Hier wird deutlich, dass der Ausdruck von Freude beim Menschen am besten erkannt wird (99 % korrekte Klassifikation). Die größten Schwierigkeiten hatten die Studienteilnehmer mit der Erkennung des ängstlichen Ausdrucks des Roboters (50 % korrekte Klassifikation). Während bei den robotischen Stimuli insbesondere Ärger (92 %), Trauer (89 %) und der neutrale Ausdruck (88 %) erkannt werden konnten, gab es neben dem Ausdruck von Angst Schwierigkeiten bei dem Ausdruck von Freude (52 %). Bei den menschlichen Stimuli konnte der Ausdruck von Trauer am wenigsten korrekt klassifiziert werden (62 % korrekte Klassifikation). Post-hoc t-Tests ergaben einen hoch signifikanten Unterschied in der robotischen Bedingung zwischen den Emotionen Freude und Trauer ($F(1,522) = 354,75$, $p = 0.000$), ebenso wie in der menschlichen Bedingung zwischen den Emotionen Freude und Trauer ($F(1,598) = 3313,98$, $p = 0.000$). Weiterhin ergab sich ein hoch signifikanter Unterschied in der robotischen Bedingung zwischen den Emotionen

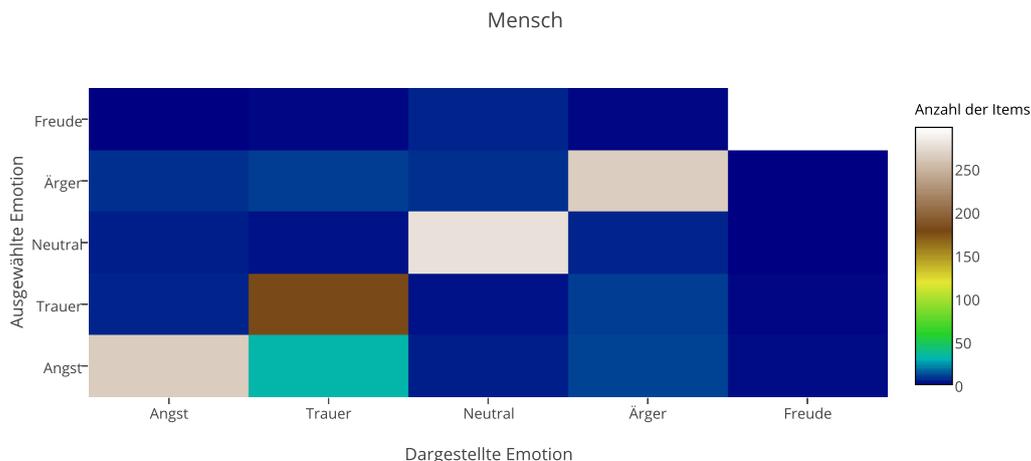


Abbildung 4.3: Durch eine Heatmap visualisierte Konfusionsmatrix der von den Studienteilnehmern ausgewählten Emotionen (y- Achse) und der eigentlich dargestellten Emotionen (x- Achse) der menschlichen Agenten.

Trauer und Angst ($F(1,498) = 337,87, p = 0.000$) und in der menschlichen Bedingung zwischen den Emotionen Trauer und Angst ($F(1,598) = 293,13, p = 0.000$). Hoch signifikant ist zudem der Unterschied zwischen Ärger und Trauer in der menschlichen Bedingung ($F(1,598) = 319,63, p = 0.000$) und zwischen Freude und Ärger ($F(1,598) = 148,1, p = 0.000$).

Darüber hinaus wurde überprüft, mit welchen Ausdrücken die dargestellten Emotionen im Falle einer falschen Klassifikation verwechselt wurden. Die Abbildungen 4.4 und 4.5 stellen die unterschiedlichen Muster für die Emotionsausdrücke der Menschen und des Roboters Flobi dar. Anhand dieser Konfusionsmatrizen ist erkennbar, dass die menschlichen ängstlichen Ausdrücke zumeist mit dem Ausdruck von Trauer verwechselt wurden (17,6 %). Beim Roboter wurde der Ausdruck von Angst vor allem mit Trauer (36,4 %) verwechselt. Der Ausdruck von Freude wurde sowohl mit Trauer (25,2 %), Angst (13,2 %) und einem neutralen Ausdruck (8 %) verwechselt. Zudem fällt auf, dass auch der neutrale Ausdruck mit einem traurigen Ausdruck verwechselt wurde (zu 9,2 %).

Es konnte kein signifikanter Unterschied in der Klassifikation der Emotionsausdrücke hinsichtlich des Geschlechts (männlich, weiblich) oder der Haarfarbe (braun, blond, schwarz) der Agenten gefunden werden (für alle $p > 0.05$). Dies gilt sowohl für die menschlichen als auch für die robotischen Stimuli.

Zusammengefasst zeigt sich, dass die Studienteilnehmer mehr Schwierigkeiten bei der Erkennung der Ausdrücke des Roboters als bei der Erkennung der Ausdrücke des Menschen hatten. Dies spiegelt sich auch in den Reaktionszeiten wieder. Hinsichtlich der Emotionen gab es Schwierigkeiten bei der Erkennung freudiger und ängstlicher Emotionsausdrücke des Roboters. Sowohl die freudigen Ausdrücke als auch die ängstlichen Ausdrücke des Roboters wurden mit einem traurigen Ausdruck vertauscht. Bei den menschlichen Stimuli wurde insbesondere die Emotion Trauer inkorrekt klassifiziert. Hier kam es vorwiegend zu Verwechslungen mit einem neutralen Ausdruck.

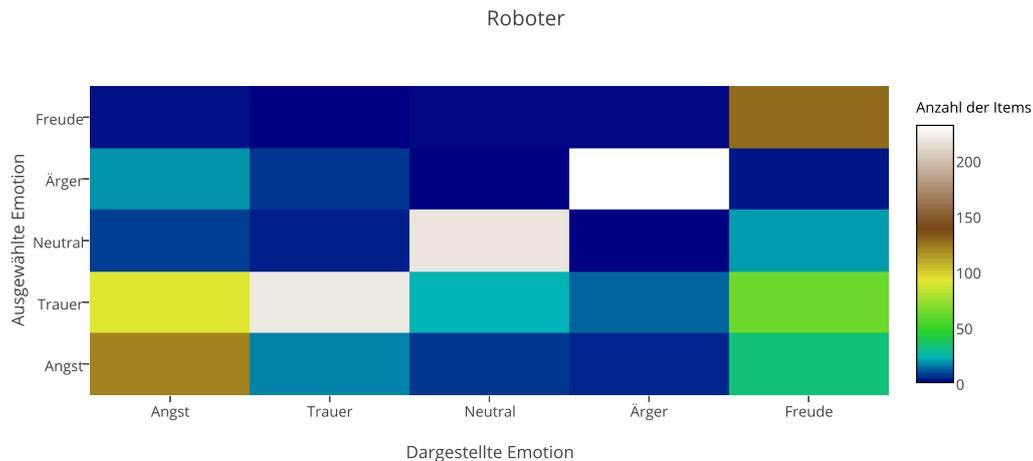


Abbildung 4.4: Durch eine Heatmap visualisierte Konfusionmatrix der von den Studienteilnehmern ausgewählte Emotionen (y- Achse) und der eigentlich dargestellten Emotionen (x- Achse) des Roboters Flobi.

4.4 Diskussion

Mit dieser Evaluationsstudie haben wir untersucht, (1) inwieweit Emotionsausdrücke des Roboters Flobi im Vergleich zu menschlichen Emotionsausdrücken erkannt werden können und (2) mit welchen Emotionsausdrücken die dargestellten Ausdrücke im Zweifelsfall verwechselt werden. Dazu erstellten wir Aufzeichnungen dynamischer emotionaler Gesichtsausdrücke, die wir den Studienteilnehmern zur Bewertung auf einem Bildschirm präsentierten. Die Ergebnisse dieser Studie werden nun, insbesondere vor dem Hintergrund der Studie von Hegel (2010) [132] diskutiert. Ein Ergebnis der vorliegenden Studie war, dass die Emotionen, die von dem Roboter Flobi ausgedrückt wurden, schwieriger zu erkennen waren als die menschlichen Ausdrücke und dass auf die Reaktionszeiten länger waren als bei den menschlichen Ausdrücken. Die Klassifikationsergebnisse zeigten sich auch in einer Studie von Malchus et al. (2013) [194], die einen Vergleich zwischen den Bedingungen der Präsentation der dynamischen emotionalen Stimuli (online versus offline) vorgenommen haben. Hegel (2010) [132] verglich seine erhobenen Daten zur Erkennungsleistung der emotionalen Ausdrücke des Roboters lediglich mit berichteten Erkennungswerten menschlicher Ausdrücke aus der Literatur (s. Ekman & Friesen, 1971 [95]). Daher kann hier kein Vergleich mit der Studie von Hegel vorgenommen werden. Im Einklang mit der Studie von Hegel (2010) [132] steht das Ergebnis, dass der traurige Ausdruck des Roboters sehr gut erkannt werden konnte. Während dieser in der Studie von Hegel am besten erkannt wurde, ergab die vorliegende Studie jedoch eine noch bessere Erkennungsleistung für den ärgerlichen Ausdruck des Roboters (92 % korrekte Klassifikation des ärgerlichen Ausdrucks im Vergleich zu 89 % korrekte Klassifikation des traurigen Ausdrucks). Die Hypothese 1 (H1) muss daher verworfen werden. Dieses Ergebnis steht jedoch im Einklang mit der Studie von Malchus et al. (2013) [194], bei der ebenfalls der

Emotionsausdruck *Ärger* am besten klassifiziert wurde. Interessant sind die Ergebnisse zur Erkennung des Ausdrucks von Freude. Die Hypothese 2 (H2) besagte, dass der Ausdruck von Freude sowohl bei den Menschen als auch bei dem Roboter Flobi sehr gut erkannt wird. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen jedoch, dass bei den robotischen Ausdrücken die Emotion *Freude* am schlechtesten erkannt wurde. Während die menschlichen freudigen Ausdrücke zu 99 % erkannt werden konnten, lag die Erkennungsrate beim Roboter lediglich bei 52 %. Dieser Wert liegt zwar weit oberhalb des Ratebereichs von 25 %, dennoch ist er weit entfernt von der Erkennungsrate, die Hegel (2010) [132] in seiner Studie erzielt hat. Eine mögliche Erklärung dafür, liegt in dem Unterschied der Lippenstellung während der maximalen emotionalen Valenz im Video im Vergleich zur statischen Darstellung. Die mittlere Unterlippe des Roboters ist bei der statischen Darstellung viel weiter unten, sodass es den Anschein hat, dass der Roboter stärker lächelt (s. Hegel, 2010 [132]). Bei der Erstellung der Videoaufzeichnungen wurden die äußeren Bereiche der Lippenkonstruktion bis zum Maximum nach oben ausgelenkt, dennoch wirkt das Lächeln vergleichsweise gering ausgeprägt. Erklärbar ist dieser Unterschied eventuell dadurch, dass die Lippen für die statischen Ausdrücke nicht angesteuert wurden, sondern die Lippen manuell angebracht und ausgelenkt wurden. Dies geht aus der Studie von Hegel (2010) [132] nicht eindeutig hervor. Zudem ist anzumerken, dass die Videos in Farbe präsentiert wurden, wohingegen die Fotos in schwarz - weiß dargestellt wurden. Der Gesichtsausschnitt war in der Studie von Hegel (2010) [132] viel kleiner als in der vorliegenden Studie und die Bewertung erfolgte übers Internet und nicht, wie hier, in einem kontrollierten Rahmen. Dass dies einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Ausdrücke haben kann, zeigt der Vergleich der online versus offline Bedingung der Studie von Malchus et al. (2013) [194]. Hypothese 3 (H3) besagte, dass der von dem Roboter dargestellte Ausdruck von Angst besonders schwierig zu erkennen ist. Die Ergebnisse bestätigen die Hypothese. Der Ausdruck von Angst wurde beim Roboter in nur 50 % der Fällen richtig klassifiziert. Immerhin liegt dieser Wert deutlich über der Klassifikationsrate der Studienteilnehmer von Hegel (2010) [132]. Dort wurde der ängstliche Ausdruck des Roboters Flobi nur zu 33,5 % richtig klassifiziert. Viele der Studienteilnehmer verwechselten ihn dort mit dem Ausdruck von Trauer (51,2 %) oder Überraschung (13,8 %). In dieser Studie wurde der Ausdruck von Angst ebenfalls vorrangig mit dem traurigen Ausdruck verwechselt (36,4 %). Jedoch kam es ansonsten eher zu einer Verwechslung mit einem ärgerlichen Ausdruck und nicht mit einem überraschten Ausdruck. Die Hypothese 4 (H4) ist durch die Ergebnisse dennoch bestätigt. Interessant ist das Ergebnis, dass der Ausdruck von Ärger beim Roboter besser erkannt wird als beim Menschen. Zwar ist dieser Unterschied nicht signifikant, er steht jedoch im Gegensatz zu den Ergebnissen des Emotionsratings von Chaminade et al. (2010) [50], bei denen der menschliche Ausdruck von Ärger als emotional intensiver wahrgenommen wurde als der Ausdruck des Roboters. Dies ist auch als Hinweis darauf zu werten, dass die Emotionsausdrücke unterschiedlicher Roboter anders wahrgenommen werden und demzufolge zu anderen neuronalen Aktivierungen im Gehirn führen. Was beim Betrachten der in Abb. 4 dargestellten Konfusionsmatrix auffällt, ist, dass auch der neutrale Ausdruck des Roboters mit einem traurigen Ausdruck verwechselt wurde. Dies Ergebnis überrascht, da der Roboter in den neutralen Videos so gut wie keine mimischen Veränderungen zeigte. Dies zeigt, dass der Roboter Flobi scheinbar eher als traurig wahrgenommen wird. Es erklärt zudem, warum auch einige andere Ausdrücke des Roboters, wie der Ausdruck von Angst oder der Ausdruck von Freude mit dem traurigen Ausdruck verwechselt wurde. Ein Erklärungsansatz, warum manche Emotionen und vor allem der Ausdruck von Freude des Roboters nicht so gut klassifiziert werden konnten, liegt in der Theorie zur *Flüssigkeit* der Ausdrücke (vgl. Winkielman, Olszanowski, & Gola, 2015 [321]; Winkielman, Ziembowicz, & Nowak, 2015

[322]). Winkielman, Olszanowski und Gola (2015) [321] konnten zeigen, dass die *Flüssigkeit* in den Emotionsausdrücken einen Einfluss auf die Bewertung der emotionalen Ausdrücke hat. Mit *Flüssigkeit* meinen die Autoren, dass der Ausdruck von Freude sich beispielsweise in der gleichen Valenz in der Mund und Augenbrauenregion widerspiegelt. Möglicherweise waren insbesondere die robotischen Ausdrücke von *Freude* nicht flüssig, da die Stellung der Augenbrauen eine andere Valenz der emotionalen Information aussendete. Zwar wurde bei den robotischen Ausdrücken darauf geachtet, dass die mimischen Muster denen ähneln, die typischerweise mit einem menschlichen fazialen Emotionsausdruck einhergehen (u.a. Orientierung am FACS von Ekman & Friesen, 1978 [96]), es gab jedoch konstruktionsbedingte Limitationen. Die menschlichen Ausdrücke wurden von den Studenten und Mitarbeitern willkürlich dargestellt. Dies machte die Darstellung zwar natürlicher, als es beispielsweise bei einem trainierten Schauspieler der Fall gewesen wäre, dennoch sind die Ausdrücke sind keine "echten" emotionalen Ausdrücke, sondern lediglich gestellte. Hierbei können sich Gefühle von Unsicherheit und Irritation, die die Probanden zu dem Zeitpunkt der Darstellung empfanden, in den fazialen Ausdrücken widerspiegeln, so dass es vielleicht zu gemischten und unflüssigen Emotionsausdrücken kommen konnte. Weitere Studien sollten sich mit der Bedeutung emotionaler Flüssigkeit robotischer Ausdrücke auseinandersetzen. Insbesondere für den Roboter Flobi, sollte dieser im therapeutischen Kontext zum Einsatz kommen, ist dieser Aspekt relevant. Eine wichtige Frage, die es zu diskutierten gilt, ist zudem, was eine gute Erkennbarkeit des emotionalen Ausdrucks des Roboters Flobi für die Sprachtherapie bedeutet. Es ist bekannt, dass das Erkennen von Emotionsausdrücken beispielsweise wichtig ist um Beziehungen aufzubauen, eine Kommunikation aufrecht zu erhalten und sich in einen Interaktionspartner hinein versetzen zu können. Studien in diesem Zusammenhang stammen von Barth und Bastiani (1997) [13] oder Edwards, Manstead und MacDonald (1984) [92]. Im Rahmen einer Therapie können emotionale Kompetenzen, wie die Fähigkeit zum Emotionsausdruck, die Therapeut-Patient Interaktion verbessern (vgl. Homburg und Lüdtke, 2003 [146]). Zudem können emotionale Kompetenzen eines Therapeuten zu einer höheren Akzeptanz seitens des Patienten führen. Schlussfolgernd kann die gute emotionale Ausdrucksfähigkeit des Roboters zu einer besseren Roboter-Patient-Beziehung und einer höheren Akzeptanz des Roboters in der Therapie führen. Diese Aussagen sollten jedoch in einer nachfolgenden Studie experimentell überprüft werden.

4.5 Zusammenfassung

Die Evaluationsstudie ergab, dass es Unterschiede in den Reaktionen auf menschliche und robotische Stimuli gibt. Die Klassifikation der Ausdrücke erfolgte signifikant schneller bei den menschlichen Stimuli im Vergleich zu den robotischen Stimuli. Zudem unterschieden sich die Reaktionszeiten hinsichtlich der dargestellten Emotionen. Weiterhin konnte mit dieser Evaluationsstudie herausgefunden werden, dass die menschlichen Ausdrücke besser erkannt werden als die Ausdrücke des Roboters Flobi. Dennoch ist auch beim Roboter die Anzahl korrekter Klassifikationen weit ausserhalb des Ratebereichs. Eine Analyse in Hinblick auf die verschiedenen Emotionen ergab, dass beim Roboter insbesondere der Ausdruck von Ärger gut erkannt wird. Schwierigkeiten hatten die Studienteilnehmer bei den freudigen und ängstlichen Ausdrücken des Roboters. Diese Ausdrücke müssten für den Einsatz im Rahmen einer Sprachtherapie verbessert werden. Vor allem der Ausdruck von Freude sollte, da er die einzige Emotion positiver Valenz darstellt, gut erkennbar sein. Nicht nur

im sprachtherapeutischen Kontext ist dieser Ausdruck, zur Förderung der Motivation und Aufrechterhaltung einer positiven Beziehung zwischen den Interaktionspartnern, unabdingbar.

5 Zur Bedeutung emotionaler Inkongruenz in der Mensch-Roboter Interaktion

In diesem Kapitel werden die fazialen Reaktionen auf emotionale Ausdrücke eines Roboters im Vergleich zu einem Menschen näher untersucht. Hierbei wird die faziale Muskelaktivität mit Hilfe der Elektromyographie gemessen. Diese Methode wurde bereits in der Einleitung im Kapitel 1.2 näher vorgestellt. Während im Kapitel zuvor unimodale mimische Emotionsausdrücke präsentiert wurden, ist das Szenario dieser Studie interaktiver gestaltet. Neben der Präsentation dynamischer, emotionaler Gesichtsausdrücke wird eine Geschichte erzählt, deren Inhalt emotional gefärbt ist. Die Anforderungen an die Probanden sind zudem komplexer. Die Studienteilnehmer müssen in dieser Studie nicht nur die Emotionsausdrücke betrachten und beurteilen, sondern während der Studie eine Worterkennungsaufgabe durchführen und hinterher eine Gedächtnisaufgabe. Die Fragestellung dieser Studie fokussiert auf den Stellenwert emotionaler Inkongruenz für die Mensch-Mensch und Mensch-Roboter Interaktion. Die Ergebnisse werden im Nachhinein vor dem Hintergrund der emotionalen Mensch-Roboter Interaktion diskutiert. Die Konsequenzen der Ergebnisse für den Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie werden hingegen in Kapitel 7 diskutiert.

In der alltäglichen, natürlichen Kommunikation werden Emotionen zumeist nicht unimodal über einen Kommunikationskanal, sondern multimodal, über mehrere Kommunikationskanäle, ausgedrückt. Emotionsausdrücke sind dabei oft mehrdeutig und beeinflusst durch konzeptuelle und kontextuelle Informationen (z.B. Hassin, Aviezer, & Bentin, 2013 [126]; Winkielman et al., 2015 [321]). Zwar wird auf emotionale Ausdrücke automatisch reagiert (z.B. im Sinne einer *fazialen Mimikry*, s. Magnée, Stekelenburg, Kemner, & de Gelder, 2007[192]), eine große Rolle bei der Verarbeitung der Emotionsausdrücke spielen jedoch auch stimulusspezifische Charakteristika, wie z.B. die Kongruenz. Der Begriff *Kongruenz* wird, nach Wallbott (1995) [312], der sich auf Studien u.a. von Schefflen (1964) [263] oder Kendon (1973) [162] bezieht, in Bezug auf identische oder ähnliche Körperhaltungen zweier Interaktionspartner genutzt. Kongruenz gilt dabei als Indikator für positive Phasen einer Interaktion (s. Wallbott, 1995, S.89 [312]). Während bei Wallbott (1995) [312] auf die interpersonelle Kongruenz eingegangen wird, wird in diesem Kapitel dagegen die intrapersonale Kongruenz und deren Stellenwert in der Interaktion betont. Der Begriff der *Emotionalen Kongruenz* bezieht sich in dieser Arbeit darauf, dass über alle Modalitäten die gleiche emotionale Information ausgesendet wird (vgl. Malchus et al., 2013 [195]).

Bei der Verarbeitung multimodaler Informationen werden die verschiedenen Modalitäten sehr schnell integriert (siehe Conty, Dezechache, Hugueville, & Grèzes, 2012 [63]). Der Einfluss der Kongruenz ist in dem Fall sehr hoch (Preston & Stansfield, 2008 [239]). Bereits im Alter von 4 Monaten führt eine Kongruenz zwischen einem emotionalen Gesichtsausdruck und dem damit verbundenen Blickverhalten (Blickkontakt halten, Blickkontakt vermeiden) zu einer höheren Sensitivität (*shared signal hypothesis*, Rigato, Menon, Farroni, & Johnson, 2013 [248]). Dazu koppelten die Autoren die Emotionen Freude und Ärger, die meist mit

einem Blickkontakt einhergehen, und die Emotionen Angst und Trauer, die meist mit der Vermeidung des Blickkontakts einhergehen, sowohl mit einem direkten Blickkontakt und einem vermeidenden Blickkontakt. Mit Beginn des zweiten Lebensjahres erwerben Kinder die Fähigkeit eine Inkongruenz zwischen einem emotionalen Ausdruck und einer (positiven/negativen) Aktion zu erkennen. Dies fanden die Autoren Hepach und Westermann (2013) [134] heraus, indem sie die Reaktionen 10- und 14-monatiger Kinder analysierten.

Studien zur crossmodalen Integration konnten zeigen, dass es zu schnelleren Reaktionszeiten und zu einer höheren Reaktionsgenauigkeit kommt, wenn die Stimuli statt über einen Kanal, bimodal und kongruent ein emotionales Signal vermitteln. Inkongruenz hingegen kann zu Interferenzeffekten führen. Dies bedeutet, dass sowohl die Reaktionszeiten als auch die Reaktionsgenauigkeiten durch eine Inkongruenz beeinträchtigt werden können. Studien in diesem Zusammenhang stammen von (Arai, Inoue, & Kato, 2011 [6]; Clayson & Larson, 2013 [59]; Collignon et al., 2008 [61]; de Gelder & Vroomen, 2000 [78]; Dolan, Morris, & de Gelder, 2001 [87]; Kreifelts, Ethofer, Grodd, Erb, & Wildgruber, 2007 [171]).

Effekte emotionaler Inkongruenz konnten auch auf neuronaler Ebene gezeigt werden (z.B. Astesano, Besson, & Alter, 2003 [9]; Clayson & Larson, [59]; Morelli, Rameson, & Lieberman [209]). Astesano et al. (2003) [9] fanden heraus, dass eine Inkongruenz bei der Verarbeitung semantischer und prosodischer Informationen mit Aktivitäten in unterschiedlichen Hirnregionen einhergehen, die sich zudem auch in ihrer Polarität und Latenz unterscheiden. Pourtois et al. (2000) [237] untersuchten die ereigniskorrelierten Potentiale mittels EEG während der Präsentation kongruenter und inkongruenter emotionaler Stimuli. Sie fanden, bei der Präsentation kongruenter Stimuli im Vergleich zur Präsentation inkongruenter Stimuli, eine Facilitation bei der auditorischen N1 Amplitude. In einer weiteren Studie (Pourtois et al., 2002 [238]) fanden sie bei der Präsentation inkongruenter Stimuli eine längere auditorische P2b Latenz. In einer fMRT-Studie zeigte sich, dass bei affektiver Kongruenz, der Kongruenz zwischen der Emotion des Target und dem emotionalen Status der Person, limbische Regionen wie der dorsale anteriore Gyrus Cinguli (dACC), die anteriore Insel (AI) und der ventromediale präfrontale Cortex (VMPFC) involviert (Morelli et al., 2012 [209]). Bei einer emotionalen Inkongruenz von Gesichtsausdruck und Stimme zeigte sich, dass die Inkongruenz assoziiert war mit einer erhöhten Aktivität in der superior temporalen Region (Watson et al., 2013 [313]). Die Autoren vermuten, dass diese Aktivierung generell mit der Erkennung konfligierender Informationen zwischen den zwei Modalitäten zusammen hängt und nicht nur mit der durch die Inkongruenz erhöhten Schwierigkeit der Aufgabe.

Durso, Geldbach und Corballis (2012) [89] untersuchten, inwieweit sich eine Inkongruenz im semantischen Inhalt einer Geschichte in den fazialen Reaktionen gesunder Probanden widerspiegelt. Dazu untersuchten sie mittels EMG die Reaktionen während der Präsentation von zwei Abschnitten einer Geschichte. Bei 82,5 Prozent der Teilnehmer konnten sie anhand der fazialen Reaktionen Verwirrung während der Präsentation des inkongruenten semantischen Abschnitts der Geschichte nachweisen. Dieser unwillkürliche faziale Ausdruck war jedoch verschieden von einem auf Aufforderung dargestellten *irritierten* Ausdruck der Probanden. Eine Studie von Calvo, Fernández-Martín und Nummenmaa (2012) [47], beschäftigte sich mit der Frage, wie faziale Inkongruenz verarbeitet wird. Dabei veränderten sie den Emotionsausdruck im Gesicht und schufen eine Inkongruenz zwischen Mund (freudig) und Augen (ärgerlich). Trotz der ärgerlichen Augen, erwies sich das Lächeln des Mundes als salient und führte zur

Kategorisierung *Freude* (Calvo et al., 2012 [47]). Es lässt sich also zusammengefasst sagen, dass emotionale Inkongruenz zu Irritation führen kann, die mittels EMG nachweisbar ist.

Weiterhin gibt es im Forschungsfeld zur emotionalen (In-)Kongruenz Studien, die sich mit den Effekten bei verschiedenen Patientengruppen beschäftigen. Patienten mit Schizophrenie¹ beispielsweise, die Probleme bei der visuellen Emotionsverarbeitung haben, können, durch die Präsentation emotional kongruenter Musik, diese Defizite ausgleichen. Die Kongruenz hilft ihnen beim Erkennen der Emotion (s. Müller, Kellermann, Seligman, Turetsky, & Eickhoff, 2014 [215]). Seron, Van der Kaa, Vanderlinden, Remits und Feyereisen (1982) [269] untersuchten die Effekte emotionaler Inkongruenz zwischen Semantik und Prosodie bei Patienten mit Aphasie und einer Kontrollgruppe. Es zeigte sich, dass die Inkongruenz gleichermaßen einen Einfluss auf die Leistung der Aphasiker, wie auch auf die Kontrollgruppe hatte. In einer fMRT-Studie mit Patienten mit Autismus und gesunden Kontrollprobanden konnte während einer Aufgabe zur emotionalen Kongruenz eine unterschiedliche Aktivierung in fronto-limbischen Bereichen und der superior temporalen Region gefunden werden. Im Gegensatz zu der Kontrollgruppe zeigte die Gruppe der Autisten signifikant weniger präfrontale Aktivierung. Stewart, McAdam, Ota, Peppé und Cleland (2013) [279] führten eine Studie durch, bei der sie Personen mit Autismus sowie einer gesunden Kontrollgruppe vokale Emotionsausdrücke darboten, die kongruent, inkongruent oder neutral im Vergleich zum semantischen Inhalt waren. Es zeigte sich, dass bei der kongruenten Bedingung, die Probanden mit Autismus die gleiche Leistung zeigten wie die Kontrollgruppe. Bei der Präsentation neutraler oder inkongruenter Stimuli erzielten die Probanden mit Autismus hingegen schlechtere Ergebnisse.

Eine weitere Studie zur Emotionserkennung von kongruenten und inkongruenten Ausdrücken und Situationen bei Kindern mit Autismus-Spektrum-Störungen stammt von Tell und Davidson (2014) [288]. In dieser Studie zeigten die Autoren beispielsweise einen lächelnden Jungen, der von einem Schwarm Bienen umgeben war. Daraufhin bewerteten die meisten Kinder den Jungen als ängstlich und kommentierten die Diskrepanz zwischen der Situation und dem Gesichtsausdruck. Die Kinder der Autismusgruppe kommentierten diese hingegen nicht. Während die Kinder der Kontrollgruppe besser beim Erkennen der Emotionen mit situationalem Kontext waren, zeigten die Kinder mit Autismus beim Erkennen der Emotionen alleine aus der Situation heraus genau so gute Ergebnisse. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Kinder mit Autismus ein gutes Verständnis einfacher Emotionen in prototypischen Situationen haben, aber bei der Präsentation inkongruenter Gesichtsausdrücke und Situationen die Gesichtsausdrücke bevorzugen.

Zusammengefasst scheint emotionale Kongruenz bei der Klassifikation von Emotionen zu helfen, insbesondere wenn die Emotionserkennung, beispielsweise in Folge einer Erkrankung wie Schizophrenie, erschwert ist. Im Gegenzug zeigt sich, dass emotionale Inkongruenz zu Schwierigkeiten bei der Emotionsverarbeitung führen kann. Dies zeigt sich sowohl in Reaktionszeitexperimenten, bei der Leistungsmessung zur Erkennung bzw. Klassifizierung von Emotionen, sowie bei Studien mit EMG, EEG und fMRT. Darüber hinaus gibt es Evidenz

¹Schizophrenie bezeichnet eine Gruppe von Erkrankungen, deren gemeinsames Merkmal u.a. eine Persönlichkeitsspaltung, Kontakt- und Denkstörungen sowie Störungen der Affektivität ist. Sprachlich kann es beispielsweise zu Beeinträchtigungen des Wortschatz oder der Syntax kommen (s. Franke, 2004 [109].)

dafür, dass emotionale Inkongruenz cerebrale Netzwerke aktiviert, die im Zusammenhang mit Konfliktmonitoring und -auflösung stehen. Emotionale Inkongruenz hat darüber hinaus einen hemmenden Einfluss auf die kognitiven Leistungen von Probanden bzw. führt zur Erhöhung der Schwierigkeit einer kognitiven Aufgabe.

Im Gegensatz zu den zahlreichen Studien zur emotionalen Inkongruenz in der Mensch-Mensch Interaktion, gibt es nur wenige Studien, bei denen emotionale Inkongruenz in der Mensch - Maschine Interaktion betrachtet wird. Eine Studie stammt von Mower, Mataric und Narayanan (2008) [212], die untersuchten, inwieweit eine emotionale Inkongruenz zwischen auditiven und visuellen Ausdrücken eines nicht menschlichen Agenten wahrgenommen wird. Dabei zeigten sie den Studienteilnehmern Videos von einem virtuellen Agenten in Verbindung mit einer menschlichen Stimme. Sie analysierten, welche Relevanz die einzelnen Ausdruckskanäle (auditiver vs. visueller Kanal) haben. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der auditive Ausdruck die Evaluationen der Teilnehmer vorrangig beeinflusste. Bei einer Inkongruenz wurde insbesondere die auditive Information zur Evaluation herangezogen. Die Autoren schlussfolgern, dass eine Integration der auditiven und visuellen emotionalen Informationen in dieser Studie daher nur bei der kongruenten Bedingung vorgenommen wurde. Weiterhin kommen Mower und Kollegen zu der Auffassung, dass bei einer Inkongruenz im Ausdruck nicht menschlicher Agenten möglicherweise die Information eines Kanals ignoriert wird. Eine Studie zum Einfluss emotionaler Inkongruenz zwischen dem Kontext und einem fazialen Ausdruck eines Roboters, stammt von Zhang und Sharkey (2011) [330]. Die Studie ergab, dass die Teilnehmer die Ausdrücke eines Roboters besser erkennen konnten, wenn die emotionale Valenz zwischen einem begleitend dargebotenen Bild oder einer aufgenommenen Nachricht und dem robotischen Emotionsausdruck kongruent war im Vergleich zu einer inkongruenten Bedingung. Dies bedeutet, dass der Kontext bei der Erkennung emotionaler Ausdrücke eines Roboters, ebenso wie bei der Erkennung menschlicher Ausdrücke, eine wichtige Rolle spielt. Cramer, Goddijn, Wielinga und Evers (2010) [64] untersuchten die Effekte eines empathisch inkongruent agierenden Roboters. Das empathische Verhalten war dabei im Rahmen einer vierminütigen Interaktion kongruent bzw. inkongruent zur Valenz der Situation (positiv, negativ). Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass das Vertrauen gegenüber einem Roboter abnahm, wenn dessen empathische Reaktionen inkongruent zum affektiven Zustand eines Studienteilnehmers waren. Zudem führte ein inkongruentes empathisches Verhalten in einem negativen Kontext dazu, dass die Teilnehmer dem Roboter mehr empathische Fähigkeiten zusprachen. Sie präferierten positive Reaktionen im Vergleich zu emotional passenden Reaktionen. Darüber hinaus fanden die Autoren heraus, dass die Einstellungen gegenüber einem Roboter nicht mit der (In)Kongruenz des empathischen Verhaltens interagieren. In Hinblick auf die Untersuchung emotionaler Reaktionen auf visuelle Ausdrücke eines Roboters, kann u.a. auf die beiden Studien von Riether (2013) [246] verwiesen werden, die diese im Rahmen ihrer Dissertation durchführte. In dieser untersuchte sie u.a., inwieweit Menschen mit fazialer *Mimikry* auf robotische Stimuli reagieren. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Menschen auch auf Roboter mit fazialer *Mimikry* reagieren, die Reaktionen jedoch schwächer ausfallen, als wenn sie von einem Menschen ausgedrückt werden. Dies steht im Einklang mit anderen physiologischen und neuropsychologischen Studien, die emotionalen Reaktionen auf einen Roboter untersucht haben (z.B. Chaminade et al., 2010 [50]; Dubal et al., 2011 [88]; Rosenthal-von der Pütten et al., 2013 [257]). Hofree, Ruvolo, Bartlett und Winkielman (2014) [144] untersuchten ebenfalls die spontane faziale *Mimikry* auf einen Androiden, der sich im gleichen Raum wie die Versuchsteilnehmer aufhielt. Darüber hinaus analysierten sie die mimischen Reaktionen auf den gleichen Roboter, der jedoch auf

einem Computerbildschirm in einem Video gezeigt wurde. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass in beiden Bedingungen *Mimikry* als Reaktion auf den Roboter auftrat, bei der Videobedingung die *Mimikryreaktionen* jedoch geringer ausfielen. Studien, die zeigen, dass mit fazialer *Mimikry* auch auf virtuelle Agenten bzw. Avatare reagiert wird, stammen u.a. von Weyers, Mühlenberger, Hefele und Pauli (2006) [318] und von Weyers, Mühlenberger, Kund, Hess und Pauli (2009) [319]. Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse zur emotionalen Mensch-Roboter Interaktion, dass Emotionsausdrücke ähnlich der Mensch-Mensch Interaktion erkannt und interpretiert werden und dass mit ähnlichen Mustern auf diese reagiert wird. Darüber hinaus scheint emotionale Kongruenz auch für die Mensch-Roboter Interaktion bedeutsam zu sein.

5.1 Fragestellungen und Hypothesen

Basierend auf den vorgestellten Studien werden die Fragestellungen dieser Arbeit, sowie die entsprechenden Hypothesen formuliert. Diese beziehen sich auf den Einfluss der emotionalen Inkongruenz auf die fazialen Reaktionen der Interaktionspartner, sowie den Einfluss der Inkongruenz auf kognitive Leistungen. Es wird näher analysiert, inwieweit sich die Reaktionen auf einen Roboter im Vergleich auf einen menschlichen Agenten unterscheiden. Dies ermöglicht Aussagen über zugrunde liegende Prozesse in der Wahrnehmung robotischer Systeme. Die Fragestellungen lauten:

- Hat eine Inkongruenz zwischen dem semantischen Inhalt einer Geschichte und dem danach präsentierten emotionalen Gesichtsausdruck des Geschichtenerzählers einen Einfluss auf die fazialen Reaktionen des Betrachters/ Zuhörers?
- Gibt es hierbei Unterschiede in Hinblick auf die erzählende Person (menschlicher Geschichtenerzähler, Roboter als Geschichtenerzähler)?
- Hat eine Inkongruenz zwischen dem semantischen Inhalt der Geschichte und dem danach präsentierten emotionalen Gesichtsausdruck des Geschichtenerzählers einen Einfluss auf die kognitiven Leistungen im Rahmen einer Gedächtnisaufgabe?
- Gibt es hierbei Unterschiede in Hinblick auf die erzählende Person (menschlicher Geschichtenerzähler, Roboter als Geschichtenerzähler)?

Im Vorfeld der Untersuchungen werden folgende Hypothesen aufgestellt, die auf den Studien basieren, die im vorherigen Abschnitt vorgestellt wurden:

(H1a) Emotionale Inkongruenz hat einen Einfluss auf die fazialen Reaktionen der Betrachter sowohl der menschlichen als auch der robotischen Ausdrücke.

(H1b) Es ist eine erhöhte elektromyografische Aktivität im M. Corrugator supercilii in der inkongruenten Bedingung messbar (diese kann als Irritation interpretiert werden).

(H1c) Die fazialen Reaktionen fallen für die menschliche Bedingung höher aus als für die robotische Bedingung.

(H2a) Emotionale Inkongruenz hat einen Einfluss auf die kognitiven Leistungen der Probanden während bzw. nach der Geschichte.

(H2b) Die Leistungen der Probanden sind in der kongruenten Bedingung besser als in der inkongruenten Bedingung.



Bedingung	Emotionsgehalt Geschichte	Agent	Emotionsausdruck	Kongruenz
A	Traurig	Roboter	Traurig/Neutral	Kongruent
B	Traurig	Roboter	Freudig/Neutral	Inkongruent
C	Traurig	Roboter	Neutral/Traurig	Kongruent
D	Traurig	Roboter	Neutral/Freudig	Inkongruent
E	Traurig	Mensch	Traurig/Neutral	Kongruent
F	Traurig	Mensch	Freudig/Neutral	Inkongruent
G	Traurig	Mensch	Neutral/Traurig	Kongruent
H	Traurig	Mensch	Neutral/Freudig	Inkongruent

Abbildung 5.1: Oben: Darstellung des Studienaufbaus bei einem Probanden. Dieser sitzt vor einem Bildschirm, auf dem die virtuelle Version des Roboters zu sehen ist. Die Elektroden zur Ableitung des EMG sind auf der linken Seite des Gesichts am M. Zygomaticus major und M. Corrugator supercilii befestigt. Unten: Übersicht über die verschiedenen Experimentalbedingungen.

5.2 Methode

5.2.1 Probanden

An der Studie nahmen 104 Studenten der Universität Bielefeld teil (65 weiblich, 39 männlich). Das mittlere Alter der Studienteilnehmer lag bei 28, 3 Jahren ($SD = 9.5$). Alle Teilnehmer bekamen eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 15 Euro. Die Teilnehmer waren durchweg deutsche Muttersprachler und hatten keine auditiven und visuellen Beeinträchtigungen. Zudem wurden aktuelle und in der Vergangenheit aufgetretene neurologische oder psychiatrische Beeinträchtigungen durch eine Selbstauskunft des Studienteilnehmers erfragt.

5.2.2 Material

Vor Beginn der Studie wurden zwei Videoaufzeichnungen erstellt. In der einen Bedingung erzählt ein männlicher Schauspieler eine für diese Studie angepasste Version der Geschichte *Herbstgespräche im Blumenhimmel* von Elke Bräunling [34]. In der anderen Bedingung wird die Geschichte von der virtuellen Version des Roboterkopfes Flobi erzählt (vgl. Lier et al., 2012 [180]). Da der menschliche Geschichtenerzähler männlich ist, wurde der Roboterkopf Flobi ebenfalls mit männlichen Attributen (z.B. kurze Haare) ausgestattet. Die Stimme von Flobi ist computergeneriert. Die Prosodie ist in beiden Bedingungen neutral. Die Hintergrundfarbe und -beleuchtung ist in allen Videoaufzeichnungen gleich gehalten. Die

Videostimuli sind in zwölf Abschnitte unterteilt, die sich in ihrer Länge, der Anzahl an Silben und der Anzahl an emotionalen Wörtern nicht unterscheiden. Zusätzlich zu der erzählten Geschichte, wurden von dem Schauspieler Videoaufzeichnungen von emotionalen Gesichtsausdrücken gemacht. Die ausgedrückten Emotionen waren: Trauer, Freude und ein neutraler Ausdruck. Darüber hinaus wurden Videosequenzen von der virtuellen Version des Roboters Flobi erstellt, während derer der Roboter die gleichen Emotionsausdrücke (Trauer, Freude, neutraler Ausdruck) wie der Schauspieler zeigt. Alle Videosequenzen haben eine Länge von 4 Sekunden und folgen dem gleichen Ablauf. Zunächst zeigen der Schauspieler bzw. der Roboter einen neutralen Gesichtsausdruck, wechseln dann in den entsprechenden emotionalen Ausdruck (Freude, Ärger oder bleibend neutral) und ändern den Ausdruck dann erneut zurück zu einem neutralen Gesichtsausdruck.

Für die lexikalische Entscheidungsaufgabe wurden Wörter, die in dem entsprechenden Abschnitt der Geschichte vorkommen, mit einem weiteren Wort gepaart dargeboten. Dieses unterschied sich von dem Zielwort nicht in Frequenz und Länge und wies eine semantische Nähe zum Zielwort auf. Die Gedächtnisaufgabe, die die Studienteilnehmer am Ende des Experiments durchführen mussten, bestand darin, Blumen, die in der Geschichte genannt wurden, aufzuzählen.

5.2.3 Studiendesign und Durchführung

Die Studienteilnehmer wurden in einem Labor an der Universität Bielefeld untersucht. Zu Beginn wurden die Studienteilnehmer über den Ablauf und den zeitlichen Rahmen der Studie aufgeklärt. Der genaue Zweck der elektromyografischen Ableitung wurde den Probanden jedoch aus studienrelevanten Gründen vorenthalten. Im Anschluss an die Unterzeichnung der Einverständniserklärung, wurden die Studienteilnehmer in einem ruhigen, abgedunkelten Raum vor einen Tisch gesetzt, auf dem ein Computerbildschirm und eine Tastatur standen (s. Abb. 5.1). Der 19" Computerbildschirm stand dabei ca. 75 cm von dem jeweiligen Studienteilnehmer entfernt und befand sich auf Augenhöhe des Probanden. Dann wurden die Studienteilnehmer für die EMG-Ableitung vorbereitet. Dabei wurde die Haut, dort wo die Elektroden gesetzt werden sollten, zunächst mit Isopropylalkohol (70 %) oder einer abrasiven Paste behandelt, sowie mit einem Tesafilmstreifen, damit an diesem kleine Hautschuppen hängen bleiben. Dies diente der optimalen Ableitungsfähigkeit für die Elektromyographie. Dann wurden die bipolaren Elektroden auf der linken Seite des Gesichtes befestigt (s. Dimberg und Petterson, 2000 [84]). Die Ag/AgCl Elektroden (Durchmesser = 7 mm) wurden oberhalb der Muskelregionen des M. Zygomaticus major, sowie des M. Corrugator supercilii geklebt. Dabei wurde sich an den Leitlinien von Fridlund und Cacioppo (1986) orientiert [112]. Zudem wurde eine Referenzelektrode geklebt. Nachdem sicher gestellt wurde, dass die Elektroden gut ableiten, wurde das Experiment gestartet.

Dazu drückten die Probanden den entsprechenden Knopf auf der vor ihnen liegenden Tastatur. Zunächst erschien der erste Teil der Geschichte, die, abhängig von der entsprechenden Kondition, entweder von dem Roboter Flobi oder dem Schauspieler erzählt wird. Dann erschien, im Anschluss daran, eine der 4 - sekundigen Videosequenzen, die einen emotionalen Gesichtsausdruck des Agenten beinhaltete. Dieser war, je nach Bedingung, kongruent oder inkongruent zum emotionalen semantischen Inhalt des vorherigen Abschnitts der Geschichte. Um die Konzentration der Probanden aufrecht zu erhalten, wurde nach diesem Abschnitt eine kurze Kontrollaufgabe gestellt, bei der die Probanden eine Auswahl von zwei Wörtern

präsentiert bekamen, von denen eines in dem Abschnitt der Geschichte genannt wurde. Die Probanden mussten per Tastendruck entscheiden, welches der beiden Wörter in dem Abschnitt zuvor genannt wurde (Lexikalische Entscheidungsaufgabe). Dann erschien der nächste Abschnitt der Geschichte. Nachdem alle zwölf Abschnitte der Geschichte in der gleichen Art und Weise durchgeführt wurden, wurden die Probanden aufgefordert, die Geschichte nach zu erzählen. Dieses wurde mit Hilfe einer Videokamera aufgezeichnet. Im Anschluss daran erfolgte eine erneute Darbietung der Videostimuli. Der Ablauf entsprach dabei dem zuvor beschriebenen. Je nach Bedingung bekamen die Probanden entweder den Roboter oder den Schauspieler als Erzähler zugeordnet. Dieser reagierte nach den einzelnen Abschnitten der Geschichte entweder mit einem Gesichtsausdruck der neutral, emotional kongruent (traurig) oder emotional inkongruent (freudig) war. In der zweiten Runde, war der Gesichtsausdruck des Agenten, wenn der Gesichtsausdruck zunächst neutral war, emotional kongruent oder emotional inkongruent. War der Gesichtsausdruck des Agenten zunächst emotional kongruent oder emotional inkongruent, blieb der Gesichtsausdruck in der zweiten Runde in jedem Fall neutral. Dies entspricht einem 2 x 2 x 2 Studiendesign mit den Faktoren Agent (Mensch, Roboter), Reihenfolge (neutral/emotional, emotional/neutral) und Kongruenz (kongruent, inkongruent). Die fazialen Reaktionen der Studienteilnehmer fungierten dabei als abhängige Variable. Nachdem die Erzählung der Geschichte im zweiten Durchgang erneut beendet wurde, wurden die Elektroden von dem Versuchsleiter entfernt. Die Probanden erhielten zudem die Gelegenheit sich die Elektrodenpaste mit Hilfe von Kosmetiktüchern abzuwischen. Abschließend wurden die Probanden aufgefordert, sämtliche Blumen aufzuzählen, die in der Geschichte genannt wurden (Gedächtnisaufgabe). Daran anschließend wurden sie vom Versuchsleiter in einen gegenüberliegenden Raum gebracht, in dem sie, mit Hilfe von Stift und Papier einige Fragebögen, wie die Tübinger Affekt Batterie (TAB Subtest 3, Subtest 9; Breitenstein et al., 1996 [38]), die Toronto Alexithymia Scale (TAS-20; Bagby, Parker, & Taylor, 1994 [11]), den Saarbrücker Persönlichkeits Fragebogen (SPF; Paulus, 2009 [227]) und den Godspeed Fragebogen (Bartneck, Croft, Kulic, & Zoghbi, 2009 [14]) ausfüllten.

5.2.4 Analyse der Daten

Für das Aufzeichnen, Verstärken und Filtern des EMG Signals wurden der QuickAmp Amplifier und die BrainVision Recorder Software (BrainProducts GmbH) genutzt. Gefüllt wurden die Elektroden mit der Signa Elektrodenpaste (Parker Laboratories Inc.). Die Sampling Frequenz betrug 2000 Hz. Es wurde ein 20 - 50 Hz Bandpass Filter (24db/ octave), sowie ein 50 Hz Notch Filter (24db/ octave) eingestellt. Nachträglich wurden die Daten geglättet (smoothing; 8 Hz low- pass Filter, 24db/ octave), bereinigt (rectified) und baseline-korrigiert. Dazu wurde die Analyzer Software (BrainProducts GmbH) genutzt. Die Daten wurden zudem hinsichtlich ihrer Bedingungen segmentiert und über die verschiedenen Trials hinweg zusammengefasst. Fälle, bei denen zu viele Artefakte auftraten, wurden aussortiert.

Die EMG - Daten, die während der 5- sekundigen Präsentation der dynamischen Gesichtsausdrücke aufgenommen wurden, wurden in Intervalle mit einer Länge von jeweils 1000 ms segmentiert. Die erhobenen Werte im Intervall von -1000 bis 0 (wobei 0 den Beginn des Videos kennzeichnet) wurden dabei zur Bestimmung der Baseline genutzt. Diese wird für die Messung der Veränderungen in den fazialen Reaktionen benötigt bzw. für die Baselinekorrektur. Da die dynamischen Stimuli mit einem neutralen Ausdruck starten, die maximale emotionale Valenz erst bei ca. 2000 bis 3000 ms aufweisen und dann wieder zum neutralen Ausdruck zurückkehren, wurden für die Analyse der fazialen Reaktionen lediglich die Zeitabschnitte

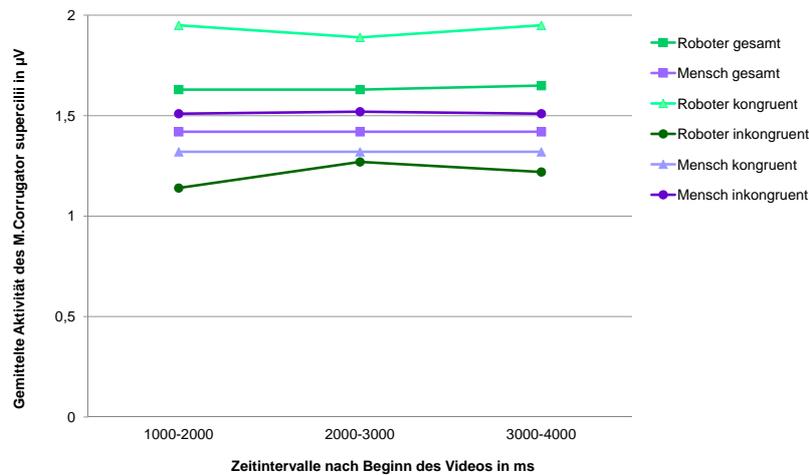


Abbildung 5.2: Abbildung der über die Probanden gemittelten Aktivität im M. Corrugator supercilii in μV in den Zeitintervallen von 1000 bis 4000 ms nach Beginn des Emotionsonset. Dargestellt sind sowohl die Mittelwerte für die Bedingungen Roboter gesamt und Mensch gesamt, als auch die Mittelwerte für die kongruenten und inkongruenten Bedingungen aufgeteilt nach Agenten (Mensch, Roboter).

zwischen 1000 und 4000 ms nach Stimulusonset betrachtet. Hier wurde, jeweils für die verschiedenen Zeitintervalle getrennt, für den M. Corrugator supercilii und den M. Zygomaticus major eine multivariate Varianzanalyse mit den Faktoren Kongruenz und Agent gerechnet. Die statistische Auswertung wurde mit der Software SPSS vorgenommen.

5.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse zum Einfluss emotionaler Inkongruenz auf die fazialen Reaktionen der Studienteilnehmer und auf die kognitiven Leistungen im Rahmen einer Gedächtnisaufgabe berichtet. Dabei wird zunächst auf die Ergebnisse der elektromyographischen Ableitung am M. Corrugator supercilii und am M. Zygomaticus major eingegangen und dann auf die Ergebnisse der Gedächtnisaufgabe. Die gemittelten elektromyographischen Aktivitäten für den M. Corrugator supercilii und den M. Zygomaticus major sind in den Abbildungen 5.2 und 5.3 dargestellt.

5.3.1 EMG

Im Zeitintervall von 1000 bis 2000 ms ergibt sich bei dem M. Corrugator supercilii in der emotionalen Bedingung kein signifikanter Effekt des Faktors Agent ($F(1,92) = 0.327$, $p > 0.05$) und auch kein signifikanter Effekt des Faktors Kongruenz ($F(1,92) = 1.869$, $p > 0.05$). Es ist jedoch ein signifikanter Interaktionseffekt der Faktoren Agent und Kongruenz zu beobachten ($F(1,92) = 4.813$, partielles $\eta^2 = 0.05$, $p = 0.031$). Dieser ist in der Abbildung

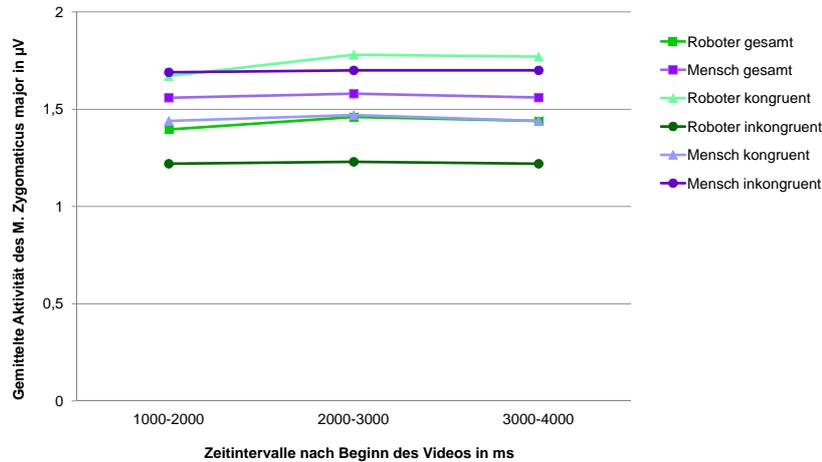


Abbildung 5.3: Abbildung der über die Probanden gemittelten Veränderung der Aktivität im M. Zygomaticus major in μV in den Zeitintervallen von 1000 bis 4000 ms nach Beginn des Emotionsonset. Dargestellt sind sowohl die Mittelwerte für die Bedingungen Roboter gesamt und Mensch gesamt, als auch die Mittelwerte für die kongruenten und inkongruenten Bedingungen aufgeteilt nach Agenten (Mensch, Roboter).

5.4 grafisch dargestellt. Post-hoc t-Tests ergaben einen signifikanten Unterschied beim Agenten Roboter hinsichtlich der kongruenten/ inkongruenten Bedingung ($p = 0.027$). Für die Berechnung eines Unterschiedes der Aktivität im M. Zygomaticus major ergibt sich im Intervall von 1000 bis 2000 ms in der emotionalen Bedingung weder ein Haupteffekt für die Faktoren Agent und Kongruenz noch ein Interaktionseffekt (für alle $p > 0.05$).

Im Zeitintervall von 2000 bis 3000 ms ergibt sich bei dem M. Corrugator supercilii in der emotionalen Bedingung kein signifikanter Effekt des Faktors Agent und kein signifikanter Effekt des Faktors Kongruenz (für beide $p > 0.05$). Ein Interaktionseffekt ist, im Gegensatz zum Zeitintervall von 1000 bis 2000 ms, ebenfalls nicht zu finden ($p > 0.05$). Für den M. Zygomaticus major zeigt sich auch kein signifikanter Unterschied für die verschiedenen Bedingungen kongruent und inkongruent mit den beiden Agenten Roboter und Mensch (für alle $p > 0.05$).

Im Zeitintervall von 3000 bis 4000 ms ergibt sich bei dem M. Corrugator supercilii in der emotionalen Bedingung weder ein Haupteffekt für den Faktor Kongruenz ($p > 0.05$) noch für den Faktor Agent ($p > 0.05$). Es ist jedoch erneut ein Interaktionseffekt der Faktoren Agent und Kongruenz zu finden ($F(1,93) = 4,186$, partielles $\eta^2 = 0.043$, $p = 0.044$). Für den M. Zygomaticus major konnte weder ein Haupteffekt für die Faktoren Kongruenz und Agent noch ein Interaktionseffekt gefunden werden (für alle $p > 0.05$).

Die Angaben zu den Mittelwerten der einzelnen Bedingungen, sowie die Standardabweichungen sind in der nachfolgenden Tabelle 5.1 dargestellt. Ein Überblick, sowohl über die gemittelten Veränderungen in der Aktivität des M. Corrugator supercilii als auch des M. Zygomaticus major für die verschiedenen Zeitintervalle sind graphisch in den Abbildungen 5.2 und 5.3 zu finden. Hier sind die Unterschiede zwischen den Bedingungen kongruent

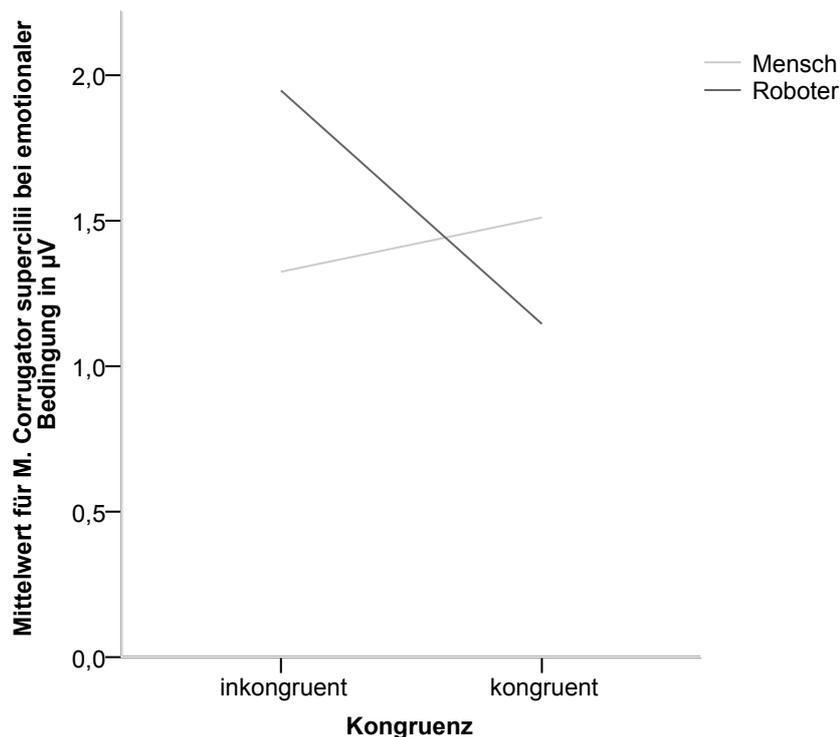


Abbildung 5.4: Grafische Darstellung des Interaktionseffektes der Faktoren Agent (Mensch, Roboter) und Kongruenz (kongruent, inkongruent) bezogen auf die Mittelwerte der elektromyografischen Messung am M. corrugator supercilii während der emotionalen Bedingungen.

und inkongruent, sowie den Bedingungen Mensch und Roboter gut ersichtlich. Insbesondere fallen die höheren Veränderungswerte für den Roboter am M. Corrugator supercilii im Vergleich zum Menschen auf. Beim M. Zygomaticus major wurde dieses Phänomen nicht gemessen. Hier liegen die gemittelten Werte der Veränderung der Muskelaktivität beim Menschen höher. Die höchsten Veränderungswerte konnten am M. Zygomaticus major für die kongruente Roboterbedingung gemessen werden, die niedrigsten für die inkongruente Roboterbedingung. Die höchsten Veränderungswerte konnten am M. Corrugator supercilii für die inkongruente Roboterbedingung gemessen werden, die niedrigsten Werte für die kongruente Roboterbedingung. Tabelle 5.1 stellt die Mittelwert der Ableitungen der Muskeln zu den verschiedenen Zeitintervallen für die verschiedenen Bedingungen übersichtlich dar.

Die Reihenfolge der Präsentation spielte weder bei den Reaktionen im M. Zygomaticus major noch bei den Reaktionen im M. Corrugator supercilii eine Rolle. Dies gilt sowohl für die menschliche als auch die robotische Bedingung (für alle Bedingungen $p > 0.05$).

5.3.2 Kognitiven Leistungen

Die Analyse mit einem Mann-Whitney-U-Test zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Probanden, die der emotional kongruenten Bedingung zugeordnet wurden und den

Tabelle 5.1: Deskriptive Statistik der elektromyografischen Daten abgeleitet am M. corrugator supercilii und am M. zygomaticus major; (Bemerkung zur Kongruenz: 0 = inkongruent, 1 = kongruent).

Intervall in ms	Muskel	Agent	Kongruenz	M	SD	
1000-2000	M. Corrugator supercilii	Mensch	0	1,325	1,03	
			1	1,511	1,09	
			Gesamt	1,423	1,06	
		Roboter	0	1,948	1,25	
			1	1,145	0,76	
			Gesamt	1,635	1,15	
	M. Zygomaticus major	Mensch	0	1,63	1,18	
			1	1,381	0,99	
			Gesamt	1,513	1,1	
		Roboter	0	1,697	1,23	
			1	1,436	1,1	
			Gesamt	1,559	1,16	
	2000-3000	M. Corrugator supercilii	Mensch	0	1,22	0,74
				1	1,673	1,37
				Gesamt	1,396	1,04
			Roboter	0	1,463	1,04
				1	1,52	1,2
				Gesamt	1,49	1,11
M. Zygomaticus major		Mensch	0	1,32	1,03	
			1	1,52	1,11	
			Gesamt	1,42	1,07	
		Roboter	0	1,89	1,24	
			1	1,27	0,77	
			Gesamt	1,63	1,11	
M. Zygomaticus major		Mensch	0	1,6	1,16	
			1	1,43	0,99	
			Gesamt	1,52	1,08	
		Roboter	0	1,7	1,23	
			1	1,47	1,11	
			Gesamt	1,58	1,16	
3000-4000	M. Corrugator supercilii	Mensch	0	1,23	0,75	
			1	1,78	1,38	
			Gesamt	1,46	1,08	
		Roboter	0	1,47	1,05	
			1	1,59	1,21	
			Gesamt	1,53	1,12	
	M. Zygomaticus major	Mensch	0	1,32	1,03	
			1	1,51	1,09	
			Gesamt	1,42	1,06	
		Roboter	0	1,95	1,25	
			1	1,22	0,8	
			Gesamt	1,65	1,14	
	M. Zygomaticus major	Mensch	0	1,62	1,18	
			1	1,4	0,99	
			Gesamt	1,52	1,09	
		Roboter	0	1,7	1,23	
			1	1,44	1,1	
			Gesamt	1,56	1,16	
M. Zygomaticus major	Mensch	0	1,22	0,74		
		1	1,77	1,39		
		Gesamt	1,44	1,07		
	Roboter	0	1,46	1,04		
		1	1,56	1,21		
		Gesamt	1,5	1,12		

Probanden, die der emotional inkongruenten Bedingung zugeordnet wurden. Dies betrifft sowohl die Leistungen in der lexikalischen Entscheidungsaufgabe während des Experiments als auch die Leistungen in der Gedächtnisaufgabe, die nach Abschluss des EMG-Experiments durchgeführt wurde (für alle $p > 0.05$). Es konnte jedoch ein genereller Effekt des Agenten (Mensch, Roboter) auf die Leistung in der Gedächtnisaufgabe gefunden werden. Es wurden im Schnitt mehr erinnert, wenn der Roboter die Geschichte erzählte als wenn der Mensch die Geschichte erzählte ($U = 1009$, $Z = -2,097$, $p = 0.036$). Die Mittelwerte korrekt erinnelter Blumen aufgeteilt nach den beiden Bedingungen (Mensch/Roboter) sind in der Abbildung 5.5 dargestellt.

5.3.3 Sonstige Berechnungen

Die Faktoren Alter und Geschlecht hatten keinen signifikanten Einfluss auf die fazialen Reaktionen der Studienteilnehmer (für alle $p > 0.05$). Es wurden weithin Berechnungen vorgenommen, um zu überprüfen, ob die Empathiefähigkeit und eine mögliche Alexithymie der Studienteilnehmer einen Einfluss auf die fazialen Reaktionen während dieses Experiments hatte. Dazu wurden die Ergebnisse der TAS-20 (Bagby et al., 1994 [11]) und des SPF (Paulus, 2009 [227]) im Rahmen einer multifaktoriellen Varianzanalyse berücksichtigt. Die statistische Berechnung ergab kein signifikantes Ergebnis (für beide $p > 0.05$). Zudem wurde überprüft, ob die unterschiedlichen Versuchsbedingungen Kongruenz und Agent einen Einfluss auf die Ergebnisse des im nachhinein durchgeführten Godspeed - Fragebogens (Bartneck et al., 2009[14]) hatten. Die Berechnung mit einer multifaktoriellen Varianzanalyse ergab für sämtliche Unterkategorien des Fragebogens (Emotion, Intelligenz, Sicherheit, Aussehen, Liebenswürdigkeit, Belebtheit und Anthropomorphismus) kein signifikantes Ergebnis (für alle $p > 0.05$). Weiterhin konnte im Rahmen einer Korrelationsanalyse kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der TAB (Breitenstein et al., 1995 [37]) und den fazialen Reaktionen ermittelt werden ($p > 0.005$).

Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse, dass die Empathiefähigkeit der Probanden und die Fähigkeit Emotionen zu erkennen in keinem Zusammenhang mit den fazialen Reaktionen der Probanden stand. Die im Experiment konstruierte Inkongruenz hatte wiederum keinen Einfluss auf die Wahrnehmung des Roboters, ebenso wenig ob zuvor mit einem Roboter interagiert wurde oder mit einem Menschen.

5.4 Diskussion

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss emotionaler Inkongruenz zwischen dem semantischen Inhalt einer Geschichte und den danach präsentierten Gesichtsausdrücken des Geschichtenerzählers auf die fazialen Reaktionen eines Betrachters/ Zuhörers zu untersuchen. Hierbei wurde mittels EMG nach Unterschieden in den fazialen Reaktionen auf einen menschlichen im Vergleich zu einem robotischen Geschichtenerzähler geschaut. Auf der Basis der Emotionen, die wir für diese Studie auswählten, haben wir das faziale EMG am M. Zygomaticus major und am M. Corrugator supercilii gemessen. Während freudige Stimuli höhere Aktivierungen im M. Zygomaticus major auslösen, evozieren negative Stimuli mehr Aktivität im M. Corrugator supercilii (z.B. Magnée et al., 2007 [192]). Zudem wurde analysiert, inwieweit die emotional inkongruente Bedingung bei beiden Agenten (Mensch, Roboter) sich auf die

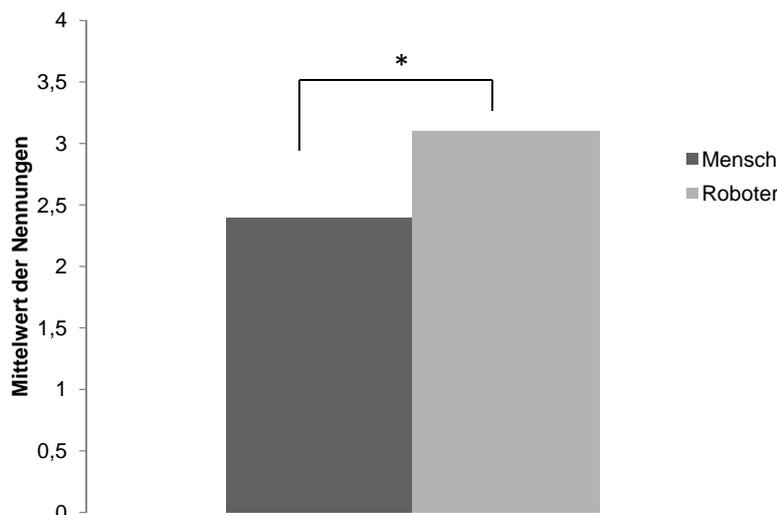


Abbildung 5.5: Darstellung der mittleren Anzahl richtiger Nennungen der Studienteilnehmer in der Gedächtnisaufgabe aufgeteilt nach den Bedingungen Roboter und Mensch.

Leistungen der Studienteilnehmer in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe während des Experiments und in einer Gedächtnisaufgabe nach dem Experiment auswirkte.

5.4.1 EMG

Die mimischen Reaktionen auf die unterschiedlichen Experimentalbedingungen wurden mit Hilfe der Elektromyographie gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass die fazialen Reaktionen einem Roboter gegenüber ähnlich ausfallen wie gegenüber einem Menschen. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen der Studie zuvor, bei der die Pupillenreaktionen auf emotionale Ausdrücke von einem Roboter und einem Menschen ähnlich waren. Dies gilt auch für den Vergleich mit anderen Studien, wie z.B. von Rosenthal- von der Pütten et al. (2013) [257] oder Riether (2013) [246].

Die elektromyographische Aktivität im M. Zygomaticus major war bei der menschlichen Bedingung höher als bei der robotischen Bedingung. Interessanterweise war die Veränderung der Muskelaktivität in der kongruenten Bedingung für den Roboter höher im Vergleich zu der menschlichen Bedingung. In der inkongruenten Bedingung hingegen war der Mittelwert der Veränderung der muskulären Aktivität höher für die menschliche Bedingung als für die robotische Bedingung. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der Studie von Riether (2013) [246], die herausgefunden hat, dass Probanden mit mehr fazialer *Mimikry* auf menschliche emotionale Stimuli reagieren als auf robotische emotionale Stimuli. Zudem steht es im Einklang mit Ergebnissen der Studien von Hofree et al. (2014) [144], Weyers et al. (2006) [318] und Weyers et al. (2009) [319], die ebenfalls zeigen konnten, dass faziale *Mimikry* als Reaktion auf emotionale Ausdrücke eines Roboters oder virtuellen Agenten auftritt. Die in diesem Kapi-

tel vorgestellte Studie wurde so geplant, dass die inkongruente Bedingung bedeutete, dass der semantische Inhalt der Geschichte traurig und der nachfolgende Gesichtsausdruck freudig war. Höhere Werte für die menschliche (inkongruente) Bedingung in Bezug auf die Veränderung der mittleren fazialen Aktivität im M. Zygomaticus major, dem Muskel der mit einem Lächeln in Verbindung gebracht wird, im Vergleich zur robotischen Bedingung bedeuten somit, dass auf einen menschlichen Ausdruck mit stärkerer *Mimikry* reagiert wird als auf den Roboter. Hierbei wird angenommen, dass die Werte während der Baselinemessung vergleichbar niedrig sind.

Erstaunlich ist, dass dieser Effekt nicht bei den Reaktionen auf den Roboter beobachtet werden kann. Hier liegen die EMG - Werte in der kongruenten Bedingung wesentlich höher als in der inkongruenten Bedingung. Eine Erklärung hierfür könnte darin liegen, dass die Probanden mit dem Roboter in der traurigen (kongruenten) Bedingung sympathisiert haben und ihn als niedlich angesehen haben. Hierbei kam es gegebenenfalls zu einer konzeptuellen, empathischen Reaktion im Sinne eines Lächelns. Die gemessenen Werte sind über eine Länge von 12 Sätzen gemittelt, so dass eine gewisse Erwartungshaltung aufgebaut wird. Die Reaktionen müssen daher nicht nur auf automatischen Prozessen beruhen, sondern es kann durchaus zu einem top-down Einfluss konzeptueller Überlegungen gekommen sein. Ein Erklärungsansatz, der darauf beruht, dass die Probanden den Emotionsausdruck Trauer des Roboters nicht erkannt haben, ist unwahrscheinlich. In den zuvor beschriebenen Studien (siehe Kapitel 4) konnte dieser Ausdruck bei dem Roboter Flobi immer sehr gut erkannt werden (siehe Malchus et al., 2012 [193]). Zwar wurden dort die Ausdrücke des Roboters und nicht der virtuellen Version präsentiert. Diese sind jedoch miteinander vergleichbar. Außerdem wäre es, sollte diese Erklärung zutreffen, wahrscheinlicher, dass die Probanden mit einer höheren Muskelaktivität im M. Corrugator supercilii aufgrund einer Irritation reagiert hätten (s. Durso et al., 2012 [89]). Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die nicht signifikanten Unterschiede in der elektrischen Aktivität im M. Zygomaticus major auf die menschlichen und robotischen Stimuli den gleichen Reaktionsmustern wie vorherigen Studien folgt (geringer ausfallende Reaktionen auf Roboter als auf Menschen, s. Riether, 2013 [246]; Rosenthal-von der Pütten et al., 2013 [257]). Bei tiefer gehender Analyse werden jedoch Besonderheiten, die auf der Herstellung emotionaler Inkongruenz beruhen, für die fazialen Reaktionen auf einen Roboter ersichtlich. Scheinbar folgt die Verarbeitung emotionaler Inkongruenz in der Mensch-Roboter Interaktion doch anderen Mustern als in der Mensch-Mensch Interaktion.

Die Ergebnisse der Messungen der elektrischen Aktivität am M. Corrugator supercilii sind schwieriger zu interpretieren als die Ergebnisse der Messung am M. Zygomaticus major. Dies liegt daran, dass die gemessene Muskelaktivität nicht zwangsläufig Indiz für eine Reaktion negativer Valenz im Sinne einer fazialen *Mimikry* ist, sondern auch der Ausdruck von Irritation sein kann (s. Durso et al., 2012 [89]). Die Ergebnisse zeigen, dass die gemittelten Werte elektromyographischer Aktivität in der robotischen kongruenten Bedingung niedriger sind als in der robotischen inkongruenten Bedingung (s. Abb. 5.2). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Baselinewerte im M. Corrugator supercilii wahrscheinlich generell höher liegen, da die Geschichte einen emotional traurigen Inhalt hat. Es kann davon ausgegangen werden, dass die traurige Grundstimmung zu einer länger anhaltenden Aktivierung im M. Corrugator supercilii geführt hat. Die Veränderung der Muskelaktivität durch faziale *Mimikry* auf den dynamischen Emotionsausdruck scheinen daher nicht so groß auszufallen, wie die Veränderungen in der Muskelaktivität durch den Ausdruck von Irritation, die aufgrund der Inkongruenz auftreten. Interessant ist, dass dies für die menschliche Bedingung nicht zutrifft. Hier ist der Mittelwert der Veränderung in der Aktivität des M. Corrugator supercilii für die kongruente Bedingung höher als für die inkongruente Bedingung. Dies könnte damit zusam-

menhängen, dass der Betrachter mit fazialer *Mimikry* auf die traurigen Ausdrücke reagiert hat. Diese Reaktionen führten vermutlich zu einer stärkeren Anspannung des Muskels als es eine Irritation auf Grund der emotionalen Inkongruenz ausgelöst hat.

Während sich die mittlere Veränderung der Muskelaktivität im M. Corrugator supercilii in der Mensch-Bedingung beim Faktor Kongruenz (kongruent/inkongruent) nicht signifikant voneinander unterscheidet, ist der Unterschied für die robotische Bedingung zwischen der kongruenten und inkongruenten Bedingung signifikant. Die gemessenen Werte ähneln in der kongruenten Bedingung beim Roboter den Werten der kongruenten menschlichen Bedingung. Der gemessene Wert bei der inkongruenten Bedingung beim Roboter sticht hingegen heraus. Dies ist ein Indiz dafür, dass ein inkongruentes Verhalten des Roboters starke Irritation beim Betrachter auslöst. Mower et al. (2008) [212] fanden heraus, dass bei einem virtuellen Agenten bei der Herstellung einer Inkongruenz zwischen der Stimme und dem fazialen Ausdruck eher auf die Stimme reagiert wird. Allerdings wurde die Inkongruenz parallel hergestellt und nicht, wie in dieser Studie, aufeinander folgend. Vielleicht ist die erhöhte Aktivität im M. Corrugator supercilii daher eine erhöhte Nachreaktion bzw. kompensierende Überreaktion auf die bei einem nicht menschlichen Agenten bevorzugte vokale Modalität. Die Reaktionen in der kongruenten traurigen Bedingung müssten in diesem Fall jedoch ebenfalls mit höheren Veränderungen im M. Corrugator supercilii einhergehen. Dieser Erklärungsansatz erscheint daher, im Gegensatz zum Erklärungsansatz, bei dem die fazialen Reaktionen auf dem Ausdruck von Irritation beruhen, weniger plausibel. Nichtsdestotrotz stehen die Ergebnisse im Einklang mit den Aussagen von Winkielman et al. (2015) [322], nach derer eine crossmodale Integration vereinfacht werden kann, wenn die verschiedenen Modalitäten die gleiche Information aussenden und einen gleichen Effekt auf die globale subjektive Wahrnehmung haben. Die Verarbeitungsqualität wird dabei durch stimulusspezifische Charakteristika wie der Flüssigkeit oder der Kongruenz der multimodalen Ausdrücke beeinflusst.

5.4.2 Kognitive Leistungen

Die Ergebnisse zu den kognitiven Leistungen der Studienteilnehmer sind zum Teil überraschend. Einige der auf der bisherigen Literatur basierenden Hypothesen müssen widerlegt werden. So zeigen die Ergebnisse, dass es bei der Gedächtnisaufgabe keine Rolle spielte ob zuvor eine emotionale Inkongruenz zwischen dem semantischen Inhalt der Geschichte und dem emotionalen Gesichtsausdruck, der auf den jeweiligen Abschnitt der Geschichte folgte, produziert wurde oder nicht. Bedeutsam war, ob die Geschichte von einem Roboter oder einem Menschen erzählt wurde. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu Studien (z.B. Arai et al., 2011 [6]; Clayson & Larson, 2013 [59]; Collignon et al., 2008 [61]; de Gelder & Vroomen, 2000 [78]; Dolan et al., 2001 [87]; Kreifelts et al., 2007 [171]), die zeigen, dass emotionale Kongruenz bzw. emotionale Inkongruenz einen Einfluss auf kognitive Leistungen haben kann. Die berichteten Studien demonstrieren, dass emotionale Kongruenz im Ausdrucksverhalten einen positiven Einfluss hat, wohingegen eine emotionale Inkongruenz zu einem negativeren Ergebnis führt. In dieser Studie sind jedoch keine schlechteren Leistungen bei der Gedächtnisaufgabe in der inkongruenten Bedingung ersichtlich.

Allerdings hat keine der zuvor genannten Studien eine emotionale Inkongruenz zwischen einem semantischen Inhalt einer Geschichte und einem emotionalen Gesichtsausdruck hergestellt, wie es in dieser Studie der Fall war. Die Inkongruenz wurde in anderen Studien beispielsweise zwischen einer Aktion und einem emotionalen Gesichtsausdruck (z.B. Hepach et al., 2013 [134]) oder der Prosodie und einem Gesichtsausdruck (z.B. Watson et

al., 2013 [313]) hergestellt. Es kann daher sein, dass das Ergebnis dieser Studie auf die Auswahl der Modalitäten zurückzuführen ist, zwischen denen die emotionale Inkongruenz hergestellt wurde. Eine Inkongruenz zwischen Prosodie und Mimik kann vielleicht eher wahrgenommen werden bzw. schneller oder leichter verarbeitet werden als eine Inkongruenz zwischen Semantik und Mimik, die wir in dieser Studie produziert haben. Ein Hinweis darauf liefert die Studie zur Verarbeitung emotionaler Inkongruenz von Astesano et al. (2004) [9]. Die Autoren dieser Studie konnten zeigen, dass semantische und prosodische Prozesse in Bezug auf Inkongruenz mit Reaktionen in unterschiedlichen Hirnregionen im Zusammenhang stehen. Zudem unterschieden sich in der Studie von Astesano et al. (2004) [9] die elektrophysiologischen Marker semantischer und prosodischer Prozesse in ihrer Polarität und ihrer Latenz. Eine weitere Erklärung könnte darin liegen, dass die Gedächtnisaufgabe zu wenig sensitiv war, um den Einfluss der emotionalen Inkongruenz auf diese messen zu können. Ein anderes, sensitiveres Messinstrument hätte ggf. zu anderen Ergebnissen geführt. Zumal in dieser Studie mit Hilfe der elektromyographischen Ableitung gezeigt werden konnte, dass die emotionale Inkongruenz einen Einfluss auf die fazialen Reaktionen der Probanden hatte (näheres s. Abschnitt 5.3.1).

Interessant ist die Tatsache, dass der Einsatz des Roboters dazu führte, dass die Probanden sich an mehr erinnern konnten, im Vergleich zu der Bedingung mit dem menschlichen Geschichtenerzähler. Ein Grund hierfür könnte die erhöhte Aufmerksamkeit bei der Erzählung des Roboters sein. Dieser erregt Aufmerksamkeit, da die Probanden mit dem Roboter zuvor noch nie oder kaum in Berührung kamen. Während ein Mensch in einem solch beschränkten Setting vorhersehbar reagiert, stellt eine Interaktion mit einem Roboter etwas Neues dar. Neugier und die Frage nach der Erfüllung bestimmter Erwartungen spielen in diesem Zusammenhang eine große Rolle. Dieser Aspekt der Andersartigkeit der Interaktion kann auch für die Interpretation der fazialen Reaktionen auf den Roboter im Vergleich zu dem menschlichen Geschichtenerzähler herangezogen werden.

Es stellt sich die Frage, was die Ergebnisse dieser Studie für die Mensch-Roboter Interaktion bedeuten. Spielt emotionale Kongruenz in der Mensch-Roboter Interaktion eine größere Rolle als in der Mensch-Mensch Interaktion? Unsere Ergebnisse weisen darauf hin. Nimmt man die Ergebnisse der Gedächtnisaufgabe und die Ergebnisse der Ableitung der fazialen Reaktionen zusammen, dann kann zu dem Schluss gekommen werden, dass in der Roboterbedingung eine erhöhte Aufmerksamkeit zu den Ergebnissen geführt hat. Zumindest lassen die besseren Leistungen in der Gedächtnisaufgabe darauf schließen. Die erhöhte Aufmerksamkeit kann weiterhin dazu geführt haben, dass eine Inkongruenz zwischen dem semantischen Inhalt der Geschichte und dem emotionalen Gesichtsausdruck beim Roboter eher bemerkt wurde als beim Menschen. Dies führte zu höheren Werten hinsichtlich der Veränderung der Aktivität im *M. Corrugator supercilii*.

In Hinblick auf die Fragestellungen lässt sich zusammengefasst sagen, dass eine Inkongruenz zwischen dem semantischen Inhalt einer Geschichte und dem danach präsentierten emotionalen Gesichtsausdruck des Geschichtenerzählers einen Einfluss auf die fazialen Reaktionen des Betrachters hat. Es gibt einen Unterschied in Hinblick auf die erzählende Person, der sich im Rahmen des disordinalen Interaktionseffekt offenbart. Die Reaktionen im *M. Corrugator supercilii* sind auf den Roboter in der kongruenten im Vergleich zur inkongruenten Bedingung signifikant verschieden. Die emotionale Inkongruenz hat jedoch keinen ersichtlichen Einfluss auf die kognitiven Leistungen. In Bezug auf die emotionale Inkongruenz lässt sich daher auch

kein Unterschied für die robotische und menschliche Bedingung feststellen. Interessanterweise konnte jedoch ein genereller Unterschied in der kognitiven Leistung zwischen der menschlichen und robotischen Bedingung gefunden werden.

Hinsichtlich der vorab aufgestellten Hypothesen lässt sich sagen, dass die Hypothese H1, zum Einfluss emotionaler Inkongruenz auf die fazialen Reaktionen, nur zum Teil bestätigt werden konnte, da Inkongruenz allein bei der robotischen Bedingung einen signifikanten Einfluss hatte. Die Hypothese H2, die sich auf den Einfluss emotionaler Inkongruenz auf die kognitiven Leistungen bezieht, konnte nicht bestätigt werden.

5.4.3 Sonstige Berechnungen

Es wurden eine Korrelation zwischen den fazialen Reaktionen und den Ergebnissen der Testung mit der Tübinger Affekt Batterie (TAB) berechnet. Die Korrelationsanalyse ergab jedoch kein signifikantes Ergebnis. Dies Ergebnis steht im Einklang mit der Studie von Hielscher-Fastabend et al., 2008 [140], die ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen Persönlichkeitsmerkmalen, den Ergebnissen der TAB und nonverbaler emotionaler Anpassungen fanden. Konzeptuelles emotionales Wissen, wie es im Rahmen der Testung mit der TAB überprüft wird, scheint daher keine notwendige Bedingung für spontane emotionale Alignmentprozesse zu sein, wie sie in Form der fazialen Reaktionen mittels EMG gemessen wurde. Es konnte mit dieser Studie gezeigt werden, dass dies nicht nur für die Mensch-Mensch Interaktion gilt, sondern auch für die Mensch-Roboter Interaktion.

Interessant ist zudem das Ergebnis, dass die einzelnen Experimentalbedingungen in keinem Zusammenhang mit den Ergebnissen des Godspeed - Fragebogen stehen, anhand derer Persönlichkeitsmerkmale des Roboters beurteilt werden. Weder spielte ein inkongruentes Verhalten des Roboters eine Rolle, noch der Tatbestand, ob zuvor mit einem Roboter interagiert wurde oder nicht. Dies Ergebnis ist deshalb interessant, da Lohse, Hegel und Wrede (2008) [185] zeigen konnten, dass Menschen Roboter in verschiedene Schemata einordnen. Dies ist abhängig von ihrer Erscheinung. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass selbst kleine visuelle Änderungen, wie beispielsweise die Haarlänge, zu einer Aktivierung eines anderen Geschlechtsschemas führen (Aktivierung des Schemas *weiblich* statt *männlich*, s. Eyssel & Hegel, 2012 [102]). Ein inadäquates respektive emotional inkongruentes Verhalten scheint jedoch zu keiner veränderten Wahrnehmung des Roboters zu führen.

5.5 Zusammenfassung und Fazit

In dieser Studie wurde der Stellenwert emotionaler Inkongruenz in der Mensch- Agenten Interaktion näher untersucht. Dazu wurde eine Inkongruenz zwischen dem semantischen Inhalt einer Geschichte und einem danach präsentierten dynamischen Gesichtsausdruck hergestellt. Die Geschichte wurde in einer Bedingung von einem Menschen erzählt und in einer anderen Bedingung von der virtuellen Version des Roboters Flobi. Mit Hilfe der Elektromyographie wurden die fazialen Reaktionen der Studienteilnehmer auf die emotionalen Stimuli gemessen. Die elektromyographische Aktivität wurde dabei am M. Corrugator supercillii und am M. Zygomaticus major abgeleitet. Darüber hinaus wurden kognitive und sprachliche Aufgaben mit den Studienteilnehmern durchgeführt, sowie einige

Fragebögen, z.B. zur Empathiefähigkeit, zur Emotionserkennung oder zur Wahrnehmung von Robotern. Als Ergebnis der EMG - Messung konnte ein disordinaler Interaktionseffekt im M.Corrugator supercilii für die Agenten (Mensch/Roboter) in der emotionalen Bedingung (kongruent/inkongruent) gefunden werden. Während in der kongruenten Bedingung eine höhere Veränderung der Muskelaktivität im M. Corrugator supercilii bei der menschlichen Bedingung zu beobachten war, kam es in der inkongruenten Bedingung zu einer höheren Veränderung der Muskelaktivität im M. Corrugator supercilii beim Roboter. Zudem konnte mit dieser Studie gezeigt werden, dass emotionale Inkongruenz keinen Einfluss auf die Leistungen in der Lexikalischen Entscheidungsaufgabe und auf die Leistungen in der Gedächtnisaufgabe hatte. Dafür spielte jedoch der Agent (Mensch/Roboter) eine Rolle (s. Malchus et al., 2013 [195]). Die Gedächtnisleistung der Probanden war beim Roboter erhöht im Vergleich zum Menschen. Ein weiteres Ergebnis dieser Studie besteht darin, dass emotionale Inkongruenz keinen Einfluss auf die Wahrnehmung des Roboters hat.

Eine Schlussfolgerung, die aus dieser Studie gezogen werden kann, ist u.a. die Bestätigung der Aussage, dass die Reaktionen auf einen Roboter geringer ausfallen als auf einen Menschen (Riether, 2013 [246]). Darüber hinaus konnte herausgefunden werden, dass emotionale Inkongruenz in der Mensch-Roboter Interaktion eine wichtigere Rolle zu spielen scheint als in der Mensch-Mensch Interaktion. Dies ließ sich anhand der fazialen Reaktionen der Studienteilnehmer nachweisen. Eine Begründung hierfür könnte die erhöhte Aufmerksamkeit einem Roboter gegenüber sein. Diese führte vermutlich dazu, dass die emotionale Inkongruenz eher bemerkt wurde. Weiterhin führte diese vermutlich auch dazu, dass sich die Teilnehmer der Studie an mehr erinnern konnten, wenn der Roboter ihnen die Geschichte erzählte im Vergleich zu einem Menschen der die Geschichte erzählte. Die Möglichkeit die Aufmerksamkeit einer Person durch den Einsatz eines Roboters zu erhöhen und dadurch die Merkfähigkeit zu verbessern, kann sehr gut im Rahmen einer Therapie genutzt werden. Diese Studie war daher für die Beantwortung der Frage zum Nutzen eines Einsatzes von Robotern in der Sprachtherapie sehr wichtig. Für die Konstruktion eines Roboters, der emotional interagiert und sich dabei über mehrere Modalitäten ausdrückt, ist dieses Ergebnis ebenfalls relevant. Hier sollte verstärkt darauf geachtet werden, dass sich der Roboter emotional kongruent ausdrückt. Dafür sollte verstärkt an der eindeutigen Darstellung der emotionalen Ausdrücke gearbeitet werden, da auch ein falsch interpretierter Ausdruck zu einer Wahrnehmung emotionaler Inkongruenz führen kann. Offen bleibt die Frage, inwieweit sich auch die zugrunde liegenden neuronale Prozesse in der Wahrnehmung emotionaler Inkongruenz eines Roboters von der eines Menschen unterscheiden. Kommt es hier zu Prozessen des Konfliktmonitorings und der -auflösung, wie sie bereits in Studien zur Inkongruenz (z.B. Watson et al., 2013 [313]) in der Mensch-Mensch Interaktion untersucht wurden? Zudem bleibt offen, ob ein sensitiveres kognitives Maß ggf. durch die Inkongruenz beeinflusst worden wäre. Inwieweit ein falscher Emotionsausdruck einen Einfluss auf kognitive bzw. sprachliche Leistungen haben kann, wird im nächsten Kapitel beschrieben werden.

6 Emotionales Feedback des Roboters Flobi im Rahmen eines Benenstrainings bei Aphasie

Der Einsatz von Robotern in der Aphasietherapie ist, nach der Studie von Malchus et al. (2013) [196], ein besonders vielversprechender Bereich der Robotik für die Sprachtherapie. Das Ziel einer Aphasietherapie ist die Wiederherstellung und Förderung der Sprache und Kommunikation (s. WHO, 2005 [326]). Ein Therapeut muss in diesem Zusammenhang effizient und evidenzbasiert arbeiten. Eine Studie in diesem Zusammenhang stammt von Bhogal, Tesell und Speechley (2003) [26], mit der demonstriert werden konnte, dass der Therapieerfolg von der Therapieintensität abhängt. Dies bedeutet, dass u.a. eine hohe Therapiefrequenz notwendig ist, die im therapeutischen Alltag jedoch häufig nicht gewährleistet werden kann. Der Einsatz eines Roboters, als Ergänzung der konventionellen Therapie mit dem Sprachtherapeuten, könnte in diesem Zusammenhang hilfreich sein und zu einer Erhöhung der Therapiefrequenz beitragen.

Mubin und Al Mahmud [213] veröffentlichten 2008 bereits ein Konzept, mit Hilfe dessen der Einsatz eines Roboters in der Aphasietherapie das Wohlbefinden der Aphasiker verbessern soll. In diesem Zusammenhang stellten sie ein Szenario vor, bei dem der Roboter iCat ein Training zur Förderung der Fähigkeit Geschichten zu erzählen durchführt. Dabei erkennt der Roboter die Gesten des Patienten mit Aphasie und interpretiert diese. Die Autoren stellen jedoch keine konkreten Ergebnisse zur Evaluation dieser roboterunterstützten Aphasietherapie vor. Es ist unklar, inwieweit sich das Szenario realisieren lässt, ob es effektiv ist und wie es von den Patienten mit Aphasie angenommen wird. Eine weitere Studie, die sich mit dem Einsatz von Robotern in der Aphasietherapie beschäftigt, wurde von Choe et al. (2011) [56] veröffentlicht. Hier werden die Ergebnisse eines Einsatzes des Roboters in der Sprach- und Physiotherapie vorgestellt. Die Autoren fokussieren sich jedoch auf die Frage, ob gleichzeitig oder abwechselnd stattfindende Physio- und Sprachtherapie nach einem Schlaganfall erfolgreicher ist. Forschungsfragen hinsichtlich des eingesetzten humanoiden Roboters stehen im Hintergrund. In der Diskussion der Studie wird lediglich darauf hingewiesen, dass ein Einsatz humanoider Roboter in der Aphasietherapie vielversprechend ist.

Dies bietet Anlass näher zu untersuchen, wie sich der Einsatz eines Roboters in der Aphasietherapie gestalten lässt. Wichtige Fragen in diesem Zusammenhang betreffen die Akzeptanz des robotischen Systems und die Effektivität einer roboterunterstützten Therapie. Eine gute Möglichkeit dies zu überprüfen bietet die häufig in der Aphasietherapie angewandte Form eines Benenstrainings. Ein solches kann hochfrequent und repetitiv durchgeführt werden (s. Schomacher et al., 2006 [266]). Benennübungen wurden auch in der Studie von Malchus et al. (2013) [196] als geeignete Übungen im Rahmen einer roboterunterstützten Therapie identifiziert. Hierbei kann der Roboter als Moderator durch die Trainingseinheit führen, währenddessen die Motivation fördern und Informationen, beispielsweise über die noch verbleibende Dauer der Therapie geben. Zudem erfüllt er die Aufgabe, dem Probanden emotionales Feedback zu geben.

Feedback erfüllt viele Funktionen. Im Rahmen einer Therapie ist Feedback nicht nur wichtig, um dem Patienten zu signalisieren, dass ihm zugehört und er verstanden wird, sondern auch damit der Patient eine Rückmeldung auf seine Äußerungen und Reaktionen erhält. Dies kann im besten Fall zu einem Lernfortschritt führen (s. Schmidt, Kisielewicz, & Heide (2014) [265]). Nachweise zum Einfluss des Feedbacks auf die Lernleistung, unter anderem in der Aphasiotherapie, sind durch zahlreiche Studien belegt (z.B. Finn & Metcalfe, 2010 [107]; McKissok & Ward, 2007 [202]). Hinsichtlich des Einsatzes von Robotern in der Therapie konnte gezeigt werden, dass positives Feedback eines Roboters Kindern mit ASS hilft mehr zu kommunizieren (Feng, Gutierrez, Jun, & Mahoor, 2013 [106]). Das Feedback des Roboters stellte in diesem Zusammenhang einen Mehrwert dar. Generell hat das Verhalten eines Therapeuten einen großen Einfluss auf den Erfolg einer Therapie, wobei insbesondere emotionale Kompetenzen eine Rolle spielen (s. Homburg und Lüdtkke, 2003 [146]; Lüdtkke, 2004 [188]). Zudem können emotionale Ausdrücke eines Therapeuten, dank emotionaler Ansteckungsmechanismen, zu positiven Effekten in der Therapie führen (Ambady, Koo, Rosenthal, & Winograd, 2002 [3]).

In Kapitel 2.7 wurde ein Modell vorgestellt, das auf dem Modell des emotionalen Alignment von Damm et al. (2012) [68] beruht (s. Kapitel 2.6). Dieses Modell soll dazu dienen, einen Roboter, im Rahmen einer Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen, emotional agieren zu lassen. Emotionale Alignmentprozesse, die einer Art emotionalen Anpassung an den Interaktionspartner entsprechen, werden auf verschiedenen und unterschiedlich komplexen Ebenen emotionaler Verarbeitung dargestellt. Ein Roboter kann auf dieser Basis mit unterschiedlichem emotionalen Feedback reagieren. Diese Reaktionen können entweder im Sinne einer *Mimikry* erfolgen oder als eine konzeptuelle und eher strategische Anpassung an den Interaktionspartner. Der Unterschied zwischen den beiden Mechanismen, die den Reaktionen zugrunde liegen, ist u.a. dass bei *Mimikry* die Reaktion immer kongruent zu der Reaktion des Interaktionspartners ist. Sie entspricht einer Art Spiegelung bzw. Kopie des Ausdrucks des Gegenübers und sendet die gleiche emotionale Information aus, ohne, dass diese jedoch bewusst "geföhlt" wird. Bei der konzeptuellen Reaktion hingegen wird der Ausdruck des Interaktionspartners näher analysiert. Die Reaktion auf diesen muss nicht zwangsläufig kongruent zum emotionalen Ausdruck des Interaktionspartners sein. Auf einen ärgerlichen Ausdruck kann beispielsweise mit einem positiven Ausdruck reagiert werden, der im Rahmen einer Therapie eine motivierende und aufbauende Funktion ausübt. Da das an den therapeutischen Kontext angepasste Modell noch nicht evaluiert wurde, soll im Rahmen dieser Studie überprüft werden, inwieweit eine *Mimikryreaktion* im Vergleich zu einer *konzeptuellen Reaktion* eines Roboters einen Einfluss auf die Leistungsverbesserungen eines Patienten mit Aphasie hat. Diese und weitere Fragestellungen werden im nächsten Abschnitt übersichtlich dargestellt.

6.1 Fragestellung und Hypothesen

Mit dieser Studie sollen mehrere Fragestellungen überprüft werden. Generell stellt diese Studie einen ersten Versuch dar, zu untersuchen, wie sich der Einsatz eines sozialen Roboters in der Therapie von Benennstörungen gestalten lässt. Eine große Frage in diesem Zusammenhang ist es ob der Roboter vom Patienten akzeptiert wird. Darüber hinaus wird sich der Frage angenommen, ob ein fehlerhaftes emotionales Feedback des Roboters den Therapieerfolg beeinflusst. Ebenso wird untersucht, ob es einen Unterschied macht, ob der

Roboter mit *Mimikryreaktionen* oder konzeptuell auf die Ausdrücke des Patienten reagiert. Hierzu wird das Prinzip des experimentellen Einzelfallansatzes (vgl. Bergin & Strupp, 1970 [24]; Stadie & Schröder, 2008 [277]) bzw. der kontrollierten Einzelfallforschung (Bortz & Döring, 2002 [30]) eingesetzt. Dieser Ansatz wird üblicherweise zur Wirksamkeitsprüfung in Psycho- und Verhaltenstherapie, sowie in der Sprachtherapie genutzt, um Aufschluss über den Erfolg spezifischer therapeutischer Maßnahmen zu erhalten. Da ein Benenntraining ein sehr häufiges Therapiesetting im sprachtherapeutischen Kontext ist und eine hohe Alltagsrelevanz hat, wurde dieses als Szenario ausgewählt. Darüber hinaus wurde es von den in der Studie von Malchus et al. (2013) [196] befragten Experten (Sprachtherapeuten) empfohlen. Basierend auf vorherigen Studien lauten unsere Forschungsfragen, die sich mit den Aspekten der Verhaltensakzeptanz, den Leistungsverbesserungen des Patienten, dem Stellenwert emotionaler Alignmentmechanismen und dem Einfluss der Fehlerrate im Feedback auf die Leistung beschäftigen:

- Kann ein Roboter unterstützend bei der Therapie von Benennstörungen eingesetzt werden? Kommt es hierbei zu einer Leistungsverbesserung?
- Akzeptiert der Studienteilnehmer den Roboter?
- Hat ein fehlerhaftes emotionales Feedback des Roboters einen Einfluss auf den Lernerfolg?
- Haben unterschiedliche emotionale Alignmentmechanismen des Roboters einen Einfluss auf den Lernerfolg?

Schomacher et al. (2006) [266] konnten zeigen, dass ein hochfrequent repetitives Benenntraining bei Aphasikern im chronischen Stadium Erfolg hat. Die Leistungsverbesserung beim Benennen betraf sowohl geübte als auch ungeübte Stimuli und war langfristig beobachtbar. In Studien zum Benenntraining bei chronischer Aphasie, u.a. von Rode, Hußmann und Huber (2013) [255], konnten keine Transfereffekte auf andere sprachliche Leistungen beobachtet werden. Riether (2013) [246] konnte nachweisen, dass durch die soziale Anwesenheit eines Roboters die Leistungen von Probanden in einer kognitiven Aufgabe erhöht waren im Vergleich zu einer Nichtanwesenheit des Roboters. Basierend auf diesen Ergebnissen komme ich zu der Annahme:

(H1a) Die Benennleistung ist nach einem robotergestützten hochfrequenten repetitiven Benenntraining besser als vor dem Training.

(H1b) Dies betrifft gleichermaßen geübte als auch ungeübte Stimuli (Generalisierungseffekt).

(H1c) Der Effekt ist über einen längeren Zeitraum zu beobachten (Langzeiteffekt).

Hinsichtlich der unterschiedlichen Bedingungen im emotionalen Reaktionsverhalten des Roboters werden folgende Hypothesen formuliert:

(H2) Eine niedrige Fehlerrate im emotionalen Feedback führt zu höheren Leistungsverbesserungen als eine hohe Fehlerrate.

(H3) Eine *konzeptuelle Reaktion* führt zu besseren Ergebnissen als eine *Mimikryreaktion*.

Da sich in der Studie von Rieke (2013) [245] viele Patienten mit neurologisch bedingten Sprach-, Sprech- und Schluckstörungen positiv hinsichtlich eines Robotereinsatzes in der Therapie

Untertest	Punktwerte	Prozentränge	Sortierte T-Werte
Spontansprache	4 5 5 4 5 4		
Benennen	64	41	48
Sprachverständnis	83	56	52
Schriftsprache	74	79	58
Token Test	9	83	60
Nachsprechen	147	96	68

Abbildung 6.1: Überblick über die Testergebnisse des Probanden R.H. im Rahmen der Diagnostik mit dem Aachener Aphasie Test [148] Dargestellt sind die Punktwerte, Prozentränge und sortierten t-Werte für die einzelnen Untertests.

geäußert haben, nehmen wir an, dass auch der Proband dieser Studie den Einsatz des Roboters als positiv empfindet. Die Verhaltensakzeptanz sollte hoch sein.

6.2 Methode

6.2.1 Proband

Für die vorliegende Studie wurde ein männlicher Proband (R.H.) ausgewählt. Herr H. war zum Zeitpunkt der Studie 71 Jahre alt. Er wies eine amnestische Aphasie im chronischen Stadium nach hypoxischem Hirnschaden¹ auf (8,5 Jahre post onset). Herr R.H. hatte besondere Schwierigkeiten beim Benennen und in der Schriftsprache, wohingegen die Spontansprache weitestgehend unauffällig war. Grundlage dieser Aussagen ist das Ergebnis eines Aachener Aphasie Tests (AAT, Huber, Poeck, Weniger, & Willmes, 1983 [148]), der kurze Zeit vor Beginn der Studie mit dem Probanden durchgeführt wurde. Ein Überblick über die entsprechenden Punktwerte, t-Werte und Prozentränge für die Untertests Spontansprache, Token Test, Sprachverständnis, Nachsprechen, Benennen und Schriftsprache ist der Abbildung 6.1 zu entnehmen. Herr R.H. hatte zudem keine visuellen oder auditiven Einschränkungen, die zu einem Ausschluss aus der Studie geführt hätten.

6.2.2 Roboter

Als robotisches System wurde erneut der Roboter Flobi (s. Hegel et al., 2010 [132]) ausgewählt. Dieser wurde mit weiblichen Features ausgestattet. Dazu wurde dem Roboter u.a. die Perücke

¹Eine hypoxische Hirnschädigung entsteht in Folge eines Sauerstoffmangels im Gehirn.

aufgesetzt, bei der die Haare länger sind bzw. einem eher weiblichen Haarschnitt ähneln. Die Ausstattung mit weiblichen Features wurde gewählt, da in der Studie von Rieke (2013) [245] die befragten neurologischen Patienten (insbesondere die männlichen Patienten) die weibliche Version des Roboters präferierten.

6.2.3 Material

Für das Benenningstraining wurden 5 Listen mit je 200 Abbildungen von Alltagsobjekten erstellt. Zudem wurde eine Liste erstellt, die Stimuli umfasst, die nicht in der Interventionsphase eingesetzt werden. Mit Hilfe dieser kann überprüft werden, ob das roboterunterstützte Benenningstraining auch einen Effekt auf ungeübte Stimuli hat. Die Abbildungen der Objekte wurden uns freundlicherweise von Frau Dr. Caterina Breitenstein zur Verfügung gestellt und wurden bereits in einer Studie von Schomacher et al. (2006) [266] genutzt. Dort kamen sie ebenfalls im Rahmen eines intensiven Benenningstrainings zum Einsatz. Die Stimuli sind nach bestimmten linguistischen Parametern (semantische Felder, Frequenz, Silbenanzahl) kontrolliert, sodass sich die Listen hinsichtlich dieser nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p > 0.05$). Beispielsweise sind als Objekte ein Apfel (semantisches Feld: Obst), ein Staubsauger (semantisches Feld: Haushaltsgeräte) oder eine Kette (semantisches Feld: Schmuck) dargestellt. Die Bilder sind farbig und werden vor einem weißen Hintergrund dargestellt.

Für die Kontrollaufgabe wurden die ersten 20 Stimuli der Aufgabe „Schreiben von Neologismen“ aus dem sprachtherapeutischen Diagnostikverfahren Lexikon modellorientiert (Lemo, De Bleser, Cholewa, Stadie, & Tabatabai, 2004 [77]) ausgewählt.

6.2.4 Studiendesign und Durchführung

Das Design der Studie entspricht einem klassischen Einzelfallversuchsplan mit einem A-B-A Design. Hierbei fanden zunächst 3 Vortestungen bzw. Baselineerhebungen (A1, A1², A1³ bzw. VT1, VT2, VT3) statt, bei denen sowohl die Benennleistung des Probanden überprüft wurde, als auch eine Kontrollaufgabe (Schreiben von Neologismen nach Diktat) durchgeführt wurde. Diese Testungen fanden bei dem Probanden zuhause statt. Es folgte eine Interventionsphase (B) mit 9 Sitzungen. Herr H. absolvierte diese innerhalb eines Zeitraumes von 17 Tagen. Diese Sitzungen fanden in einem ruhigen Raum an der Universität Bielefeld statt. Im Anschluss an die Interventionsphase wurde unmittelbar eine Nachtestung durchgeführt (A2 bzw. NT1). Eine weitere Nachtestung erfolgte nach 7 Monaten (A3 bzw. NT2). Die Nachtestungen umfassten sowohl die erneute Überprüfung der Benennleistung, als auch die Durchführung der Kontrollaufgabe *Schreiben von Neologismen nach Diktat*. Eine graphische Darstellung der einzelnen Phasen der Einzelfallstudie ist der Abbildung 6.2 zu entnehmen. Hinsichtlich des Studiendesigns ist zu erwähnen, dass, neben den indirekten Verfahren zur Messung des Therapieerfolgs, als direktes Verfahren eine subjektive Selbstausskunft zum Erleben und Wahrnehmen der einzelnen Sitzungen eingesetzt wurde. Dieses multimethodale Vorgehen trägt maßgeblich zur besseren Einschätzung des Therapieerfolgs bei, da bei einer rein indirekten Veränderungsmessung Artefakte auftreten können, die die Aussagekraft der Veränderungsmessung beeinflussen können (s. Bereiter, 1963 [23]; Krampen & Hank, 2008 [169]). Die Sitzungen während der Interventionsphase dauerten jeweils ca. 2 Stunden und bestanden aus zwei Teilen. Zu Beginn jeder Sitzung wurden die entsprechenden Stimuli von

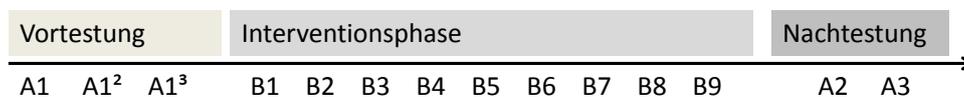


Abbildung 6.2: Schematische Darstellung des A-B-A Einzelfalldesigns.

dem Versuchsleiter benannt. Dabei wurden die Stimuli auf einem Bildschirm präsentiert dargeboten. Der Versuchsleiter saß dabei neben dem Probanden. Dieser wiederum saß direkt vor dem Bildschirm, sodass er die Bilder gut wahrnehmen konnte. Der Roboterkopf war hinter dem Bildschirm im Blickfeld des Patienten aufgestellt. Während des ersten Teils des Benenntrainings war er jedoch inaktiv. Der zweite Teil der Sitzung umfasste das Benennen der am Bildschirm präsentierten Stimuli durch den Probanden. Der Versuchsleiter saß dabei hinter einer Trennwand und beobachtet das Benenntraining mittels der Videoaufzeichnung, die auf einem weiteren Bildschirm live dargestellt wurde. Zu diesem Zweck waren zwei Videokameras aufgestellt, von denen eine Kamera das Reaktionsverhalten des Probanden aufzeichnete und die zweite Kamera den Bildschirm mit den Stimuli und den Roboterkopf filmte. Der Versuchsaufbau ist in der Abbildung 6.3 dargestellt. Das Benennen der Stimuli gestaltete sich folgendermaßen. Zunächst wurde durch den Versuchsleiter die entsprechende Stimulusliste ausgewählt (es gab in der Interventionsphase vier unterschiedliche Sets). Sobald das erste Bild erschien, sollte der Studienteilnehmer das Bild benennen. Vor jeder Sitzung wurde Herr H. darauf hingewiesen, dass er die Bilder möglichst prompt benennen soll. Nichtsdestotrotz wurde dem Probanden unbegrenzt Zeit eingeräumt, die er für die Benennung der Objekte braucht. Sollte ihm das entsprechende Wort nicht einfallen, so sollte der Proband sich entsprechend, beispielsweise durch die Aufforderung "Weiter!" äußern. Selbstkorrekturen, sofern sie sofort erfolgten, wurden als korrekt beurteilt, ebenso wie die Nennung von Synonymen (bspw. Apfelsine/Orange). Nichtantworten wurden als falsch bewertet. Die Beurteilung der Äußerungen des Studienteilnehmers durch den Versuchsleiter erfolgt unmittelbar.

Je nachdem, ob das Bild richtig oder falsch benannt wurde, drückte der Versuchsleiter auf der Tastatur seines Computers die entsprechende Taste, sodass der Proband mittels eines roten (falsch) oder grünen (richtig) Rahmens um das auf dem Bildschirm dargestellte Objekt ein direktes Feedback erhielt. Zudem beobachtete der Versuchsleiter die Reaktion des Probanden auf eben dieses Feedback. Dabei wurde der Ausdruck des Probanden nach drei Kategorien hin beurteilt. Diese waren: erfreut, verärgert oder keine bzw. neutrale Reaktion. Durch den entsprechenden Tastendruck auf der Computertastatur wurde diese Information an den Roboter weitergeleitet. Dieser reagierte darauf, je nach zugrunde liegender Bedingung, mit einem Lächeln, einem neutralen Gesichtsausdruck oder einem ärgerlichen Ausdruck. Diese Ausdrücke können dabei sowohl kongruent zu dem des Probanden sein (*Mimikry*), als auch inkongruent (*konzeptuelle Reaktion*).

Die Einteilung der fünf Bedingungen, nach denen der Roboter auf den Probanden reagiert, sind: *Mimikry*, *konzeptuelle Reaktion*, *100 % falsches Feedback*, *25 % falsches Feedback/ 75 % Mimikry* und *75 % falsches Feedback/ 25 % konzeptuelle Reaktion*. Diese Bedingungen waren an bestimmte Stimulussets gekoppelt, sodass sich 5 unterschiedliche Listen ergaben. Die Lis-

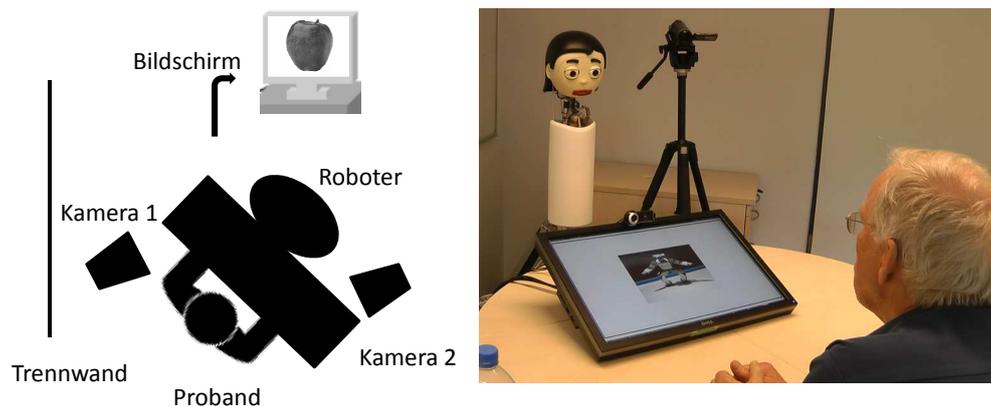


Abbildung 6.3: Darstellung des räumlichen Studiendesign: Der Proband sitzt an einem Tisch auf dem ein Bildschirm steht. Der Roboterkopf Flobi ist oberhalb des Bildschirms zu sehen. Die Reaktionen des Probanden werden mit einer Videokamera, die neben dem Roboter steht, aufgezeichnet. Den Bildschirm und die Reaktionen des Roboters zeichnet eine weitere Kamera die hinter dem Probanden steht auf (s. Zeichnung links).

ten wurden in pseudo - randomisierter Reihenfolge in jeder Interventionssitzung präsentiert. Die Bedingungen waren an bestimmte Regeln geknüpft. Diese werden in der Tabelle 6.1 übersichtlich dargestellt. Für die Bedingung *Mimikry* gilt die Regel, dass, wenn die Reaktion des Menschen positiv ist, der Patient beispielsweise einen freudigen Gesichtsausdruck aufsetzt, der Roboter ebenfalls mit einem positiven Gesichtsausdruck reagiert. Bei einem neutralen Gesichtsausdruck des Patienten reagiert der Roboter auch mit einem neutralen Gesichtsausdruck und bei einem negativen Gesichtsausdruck *"kopiert"* der Roboter diesen und reagiert ebenfalls mit einem negativen Gesichtsausdruck. Die Bedingung *konzeptuelle Reaktion* ist an folgende Regeln geknüpft. Wenn der Mensch mit einem positiven Gesichtsausdruck reagiert, dann ist die Reaktion des Roboters Flobi ebenfalls positiv. Bei einem negativen Ausdruck des Patienten reagiert der Roboter trotzdem mit einem positiven Ausdruck. Das gleiche gilt für einen neutralen Ausdruck. Auch hier reagiert der Roboter mit einem positiven Gesichtsausdruck. Die Bedingung *falsch* ist mit folgenden Regeln verbunden. Bei einer positiven Reaktion des Patienten reagiert der Roboter mit einem negativen Gesichtsausdruck. Bei einem neutralen Gesichtsausdruck des Patienten kommt es ebenfalls zu einer negativen fazialen Reaktion des Roboters. Wenn der Patient mit einem negativen Gesichtsausdruck reagiert, dann reagiert Flobi mit einem neutralen Ausdruck. Bei der Bedingung *falsch* wird zu keinem Zeitpunkt mit einem positiven Ausdruck reagiert. Die Bedingungen *25 % falsch* und *75 % falsch* beinhalten neben den Regeln der Bedingung *falsch* zusätzlich jeweils unterschiedliche Regeln der Bedingungen *Mimikry* und *konzeptuelle Reaktion*. Die Bedingung *25 % falsch* folgt zu 75 % den Regeln der Bedingung *Mimikry*. Die Bedingung *75 % falsch* folgt zu 25 % der Bedingung *konzeptuelle Reaktion*.

Nach dem mimischen Feedback des Roboters, das je nach Bedingung unterschiedlich ausfiel, wurde der nächste Stimulus gezeigt und der soeben beschriebene Ablauf wiederholt. Neben dem mimischen Feedback gab der Roboter zudem gelegentlich auditives Feedback, indem er

Tabelle 6.1: Tabellarische Darstellung der mit den unterschiedlichen Bedingungen verknüpften Regeln. Dargestellt sind die Regeln für die Bedingungen *Mimikry*, *konzeptuelle Reaktion* und *Falsch*, auf deren Basis der Roboter auf die positiven, negativen und neutralen Ausdrücke des Patienten reagiert.

Bedingung	Wenn der Patient...reagiert,	dann reagiert der Roboter...
Mimikry	Positiv	Positiv
	Negativ	Negativ
	Neutral	Neutral
Konzeptuelle Reaktion	Positiv	Positiv
	Negativ	Positiv
	Neutral	Positiv
Falsch	Positiv	Negativ
	Negativ	Neutral
	Neutral	Negativ

Sätze wie *„Weiter gehts!“* oder *„Die Hälfte ist bereits geschafft!“* äußerte. Dies diente der Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit des Probanden und der Förderung der Motivation.

6.2.5 Analyse

Die in dieser Studie gewonnenen Daten zur Benennleistung des Probanden werden mit Hilfe deskriptiver Beschreibungen und statistischer Tests, die in Einzelfallstudien eingesetzt werden können, analysiert (s. z.B. Saile, 2007 [262]; Smith, 2012 [275]; Stadie & Schröder, 2008 [277]). Insbesondere Stadie und Schröder (2008) [277] empfehlen für die Beschreibung der Leistungsverbesserungen eines einzelnen Patienten im Rahmen der Sprachtherapie die Nutzung des PND (Prozentsatz nicht überlappender Daten), sowie für die statistische Berechnung eines Vergleichs der Leistung vor und nach der Therapie den McNemar Test. Der Prozentsatz nicht überlappender Daten als Zugangsweise zur Auswertung der Daten aus Einzelfallstudien wurde bereits von Campbell (2004) [48] dargestellt. Saile (2007) [262] definieren diesen als (siehe Saile, 2007, S.5 [262]) Er liegt im Idealfall bei 100. Für die Bestimmung der Baseline werden die Ergebnisse der Vortestungen 1, 2 und 3 herangezogen. Die statistische Auswertung beruht auf einem Vergleich zwischen dem Vortest 1 und den beiden Nachttests (NT1 und NT2). Dass bei der statistischen Berechnung mit dem McNemar Test die Ergebnisse der beiden anderen Vortests nicht mit einbezogen werden, liegt daran, dass, trotz randomisierter Präsentation der Stimuli während der Vortests, nicht auszuschließen ist, dass es insbesondere bei Vortest 3 bereits zu Lerneffekten gekommen ist (s. Krampen & Hank, 2008 [169]).

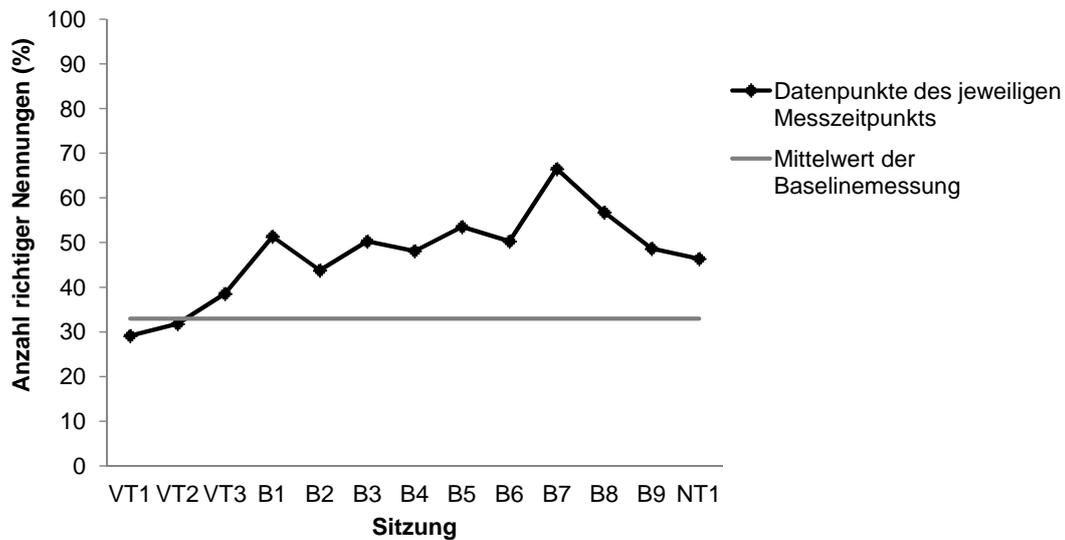


Abbildung 6.4: Überblick über die Anzahl der korrekten Benennungen des Probanden zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt (wobei die Sitzungen 1-3 den Vortestungen VT1, VT2 und VT3 entsprechen, die Termine 4-11 der Interventionsphase (B1-B9) und der Termin 12 dem NT1).

6.3 Ergebnisse

6.3.1 Benennleistung des Probanden

Zur Analyse der Unterschiede zwischen der Benennleistung des Patienten in den einzelnen Phasen der Untersuchung wurde der Prozentsatz nicht überlappender Daten (PND) berechnet. Für die Benennleistung insgesamt konnte ein PND von 100 Prozent berechnet werden. Die Analyse der Benennleistung bei dem Stimulusset mit der Bedingung *Mimiky* ergab einen PND von 100. Bei der Bedingung *Konzeptuelle Reaktion* konnte ebenfalls ein PND von 100 beobachtet werden. Bei einer genaueren Betrachtung der einzelnen Stimulussets, die mit einer unterschiedlichen Fehlerrate im emotionalen Feedback gekoppelt waren, ergab sich folgendes Ergebnis. Der PND für das Stimulusset, das mit einer 25 - prozentigen Fehlerrate im Feedback einher geht, lag bei 88,89 %. Der PND des Stimulussets, das mit einer 75 - prozentigen Fehlerrate im Feedback des Roboters einher geht, lag bei 100 %. Der PND für das Stimulusset, das an eine 100 - prozentige Feedback-Fehlerrate geknüpft ist, lag bei 88,89 %. Sowohl bei dem Set, bei dem das Feedback des Roboters zu 25 % falsch war, als auch bei dem Set, bei dem das Feedback vollständig falsch war, kam es am vierten Messzeitpunkt (bzw. bei dem ersten Interventionstermin) zu einer Überlappung mit den in einem Vortest erhobenen Daten. Zum besseren Verständnis ist die Anzahl der korrekten Nennungen aufgeteilt nach Tagen und für die jeweiligen Konditionen in der Abbildung 6.4 (gesamt) und den Abbildungen 6.5 und 6.6 graphisch dargestellt.

6.3.2 Vergleich VT1 mit NT1

Weiterhin wurde zur Berechnung eines Unterschiedes zwischen der Benennleistung des Patienten vor und nach der Interventionsphase, sowohl insgesamt für alle geübten Stimuli, als auch separat für die geübten Sets, die mit unterschiedlichen Fehlerraten beim Feedback gekoppelt waren (25 %, 75 % und 100 % falsches Feedback), ein McNemar Test mit Yates Korrektur durchgeführt. Das gleiche gilt für die Bedingungen *Mimikryreaktion* und *konzeptuelle Reaktion*. Zudem wurde dieser statistische Test angewandt, um zu überprüfen, ob sich die Benennleistung des Patienten auch bei den ungeübten Stimuli verbessert hat. Verglichen werden die Ergebnisse des ersten Vortest (VT1) mit dem ersten Nachtest (NT1). Beim Vergleich der Benennleistung (gesamt) vor und nach der Intervention ergab die Berechnung einen hoch signifikanten Unterschied (McNemar Test mit Yates Korrektur, $\chi^2(1) = 38.71$, zweiseitiger $p < 0.001$, Odds ratio = 4.813). Die Berechnung für das Stimulusset, das mit einer 25 % falschen Feedbackrate gekoppelt war, ergab kein signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 3.063$, zweiseitiger $p = 0.08$, Odds ratio = 3). Die Berechnung für das Set, bei dem 75 % falsches Feedback gegeben wurde, ergab ein hoch signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 12.5$, zweiseitiger $p < 0.001$, Odds ratio = 17). Das gleiche gilt für das Stimulusset, bei dem 100 % falsches Feedback von Seiten des Roboters gegeben wurde. Hier ergab die Berechnung mit dem McNemar Test ein hoch signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 10.563$, zweiseitiger $p = 0.001$, Odds Ratio = 15). Die Berechnung für die Bedingung, in der der Roboter mit *Mimikry* reagiert, ergab ein signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 5.786$, zweiseitiger $p = 0.0162$, Odds Ratio = 6). Beim Vergleich der Benennleistung für die Bedingung *konzeptuelle Reaktion* vor und nach der Intervention ergab die Berechnung einen signifikanten Unterschied ($\chi^2(1) = 5.882$, zweiseitiger $p = 0.0153$, Odds Ratio = 4.667). Die Berechnung des McNemar mit Yates Korrektur für die ungeübten Stimuli ergab kein signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 0.083$, zweiseitiger $p = 0.77$, Odds Ratio = 1.4).

6.3.3 Vergleich VT1 mit NT2

Hier wird der Vergleich des Vortest 1 (VT1) mit dem Nachtest 2 (NT2) berichtet. Dieser Vergleich dient der Überprüfung der Hypothese zum Langzeiteffekt der Leistungsverbesserungen.

Dieser Vergleich ergab für die gesamten Benennungen ein hoch signifikantes Ergebnis (McNemar mit Yates Korrektur, $\chi^2(1) = 42.35$, $p < 0.001$, Odds Ratio = 6.08). Ein genereller Langzeiteffekt für die in der Intervention eingesetzten Stimuli ist somit nachzuweisen. Betrachtet man die einzelnen unterschiedlichen Bedingungen, sind jedoch Unterschiede zu beobachten. Die Berechnung für das Stimulusset, das mit einer 25 % falschen Feedbackrate gekoppelt war, ergab kein signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 1.45$, $p = 0.22$, Odds Ratio = 2.66). Die Berechnung für das Set, bei dem 75 % falsches Feedback gegeben wurde, ergab ein signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 5.82$, $p = 0.015$, Odds Ratio = 10). Für das Stimulusset mit einer 100 - prozentigen Fehlerrate im Feedback konnte ein hoch signifikantes Ergebnis errechnet werden ($\chi^2(1) = 12.07$, $p < 0.001$). Auch hinsichtlich der Bedingungen, die auf unterschiedlichen emotionalen Mechanismen basierten (*Mimikry* versus *konzeptuell*), konnte für die Langzeitwirkung der Intervention ein Unterschied beobachtet werden. Die Berechnung für das Set, bei dem der Roboter mit *Mimikry* reagierte, ergab kein signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 3.765$, $p = 0.052$, Odds Ratio = 3.25). Der Vergleich des VT1 mit dem NT2 für das Set, bei dem der Roboter konzeptuell reagierte, ergab hingegen ein hoch signifikantes

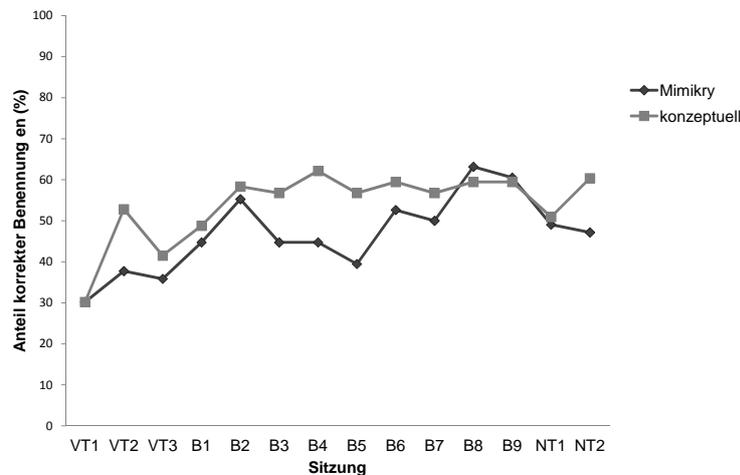


Abbildung 6.5: Überblick über die korrekten Benennungen des Patienten zum jeweiligen Erhebungszeitraum für die emotionalen Bedingungen *Mimikry* und *konzeptuelle Reaktion* (in %).

Ergebnis ($\chi^2(1) = 12.5$, $p = 0.0004$, Odds Ratio = 17). Die Berechnung des McNemar mit Yates Korrektur für die ungeübten Stimuli ergab kein signifikantes Ergebnis ($\chi^2(1) = 3.5$, zweiseitiger $p = 0.06$, Odds Ratio = 3.66).

6.3.4 Vergleich der Bedingungen in NT1 und NT2

Mit Hilfe einer Varianzanalyse wird überprüft, inwieweit sich die Benennleistung in den beiden Nachttests hinsichtlich der einzelnen Stimulussets bzw. der damit verbundenen Bedingungen unterscheidet. Dies ermöglicht Aussagen darüber zu treffen, ob eine bestimmte Bedingung (z.B. *Mimikry*) ggf. besser als Feedbackvariante geeignet ist als eine andere (z.B. *konzeptuelle Reaktion*). Ein Vergleich der Benennleistung im ersten Nachttest (NT1) für sämtliche Stimuli aufgeteilt nach Sets (*Mimikry*, *konzeptuell*, 25 % Fehler, 75 % Fehler, 100 % Fehler) ergab kein signifikantes Ergebnis ($F(4,256) = 0.446$, $p = 0.775$). Die Berechnung eines Unterschieds zwischen den Sets mit der Bedingung *Mimikry* und *konzeptuell* ergab ebenfalls keinen signifikanten Unterschied ($F(1,104) = 0.37$, $p = 0.848$). Auch in Hinblick auf die Fehlerrate konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden ($F(2,152) = 0.831$, $p = 0.445$). Es wurde zudem ein Vergleich der Benennleistung bei den verschiedenen Stimulussets für den zweiten Nachttest (NT2) vorgenommen. Hier zeigte sich für den Faktor Set gesamt (*konzeptuell*, *Mimikry*, 25 % Fehler, 75 % Fehler, 100 % Fehler) kein signifikanter Unterschied ($F(4,256) = 2.253$, $p = 0.064$). Ein Vergleich zwischen den Bedingungen zur emotionalen Angleichung (*Mimikry* und *konzeptuell*) ergab ebenfalls kein signifikantes Ergebnis ($F(1,104) = 1.875$, $p = 0.176$), ebenso wenig wie ein Vergleich der Bedingungen Fehlerrate (25 %, 75 %, 100 %) ($F(2,152) = 1.578$, $p = 0.21$).

Zusammengefasst bedeutet dies, dass die Zuordnung zu einem bestimmten Set keinen Einfluss

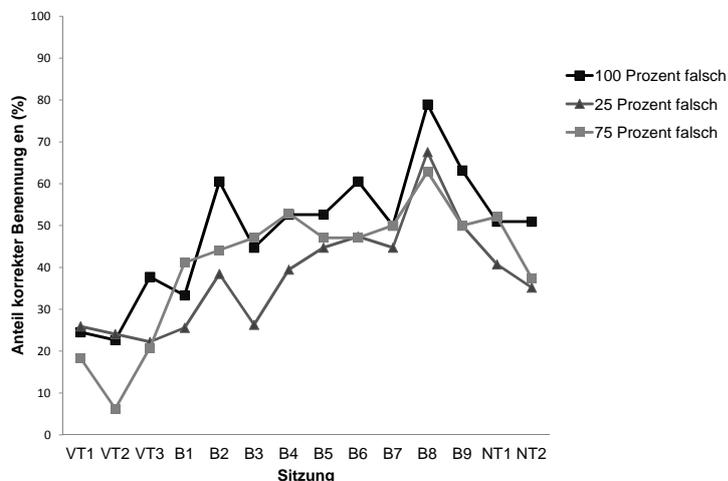


Abbildung 6.6: Überblick über die korrekten Benennungen des Patienten zum jeweiligen Erhebungszeitraum für die emotionalen Bedingungen 100 % falsches Feedback, 75 % falsches Feedback und 25 % falsches Feedback (in %).

auf die Benennleistung des Studienteilnehmers hatte. Der Mittelwert für die Benennleistung unterschied sich bei sämtlichen Sets weder in NT1 noch in NT2.

6.3.5 Kontrollaufgabe

Bei der Kontrollaufgabe *Schreiben von Neologismen nach Diktat* konnte der Proband R.H. bei der ersten Vortestung 5 von 20 Wörtern richtig schreiben. Bei der zweiten Vortestung waren es 6 von 20 Wörtern, bei der dritten Vortestung waren es erneut 5 von 20 Wörtern. Nach Durchführung der Intervention konnte der Proband bei der ersten Nachtestung 4 von 20 Wörtern korrekt nieder schreiben. Um statistisch zu überprüfen, inwieweit es zu Verbesserungen hinsichtlich des *Schreiben von Neologismen nach Diktats* direkt nach der Intervention des Probanden im Vergleich zu vorher gekommen ist, wurde der McNemar Test mit Yates Korrektur angewendet. Zunächst wurden hierbei jedoch die Ergebnisse der Vortests zu einem Wert pro Wort (richtig geschrieben = 1, falsch geschrieben = 0) zusammengefasst. Waren die Ergebnisse der einzelnen Vortests unterschiedlich, so wurde das Ergebnis, das in zwei der drei Vortestungen für das entsprechende Wort erzielt wurde, herangezogen. Die Berechnung mit dem McNemar ergab keine signifikante Verbesserung ($\chi^2(1) = 0.167$, $p = 0.68$, Odds ratio = 0.5). Die Abbildung 6.7 stellt die Anzahl korrekt geschriebener Wörter im Rahmen der drei Voruntersuchungen (VT1, VT2, VT3) sowie der ersten Nachuntersuchung (NT1) graphisch dar. Anhand der Auflistung der korrekt geschriebenen Wörter wird deutlich, dass der Patient zu den jeweiligen Messzeitpunkten unterschiedliche Wörter korrekt aufschrieb. Zwar konnte er den Neologismus *Stack* zu jedem der Messzeitpunkte korrekt schreiben, den Neologismus *Tahr* schrieb er beispielsweise jedoch nur im Nachtest korrekt.

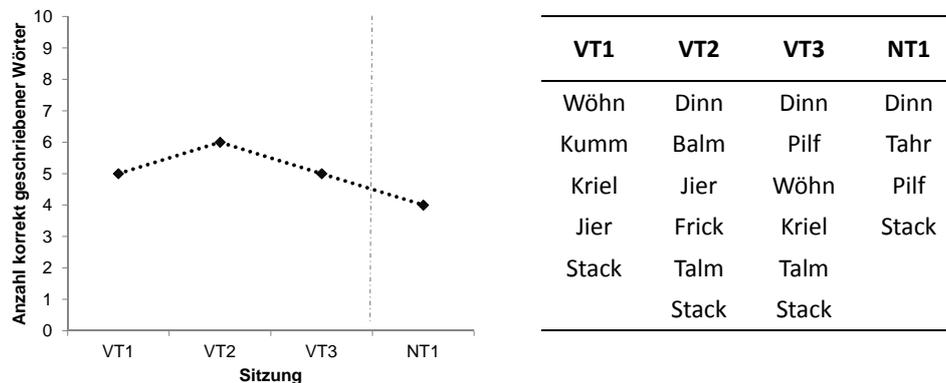


Abbildung 6.7: Links: Überblick über die Anzahl korrekt geschriebener Wörter bei der Aufgabe *Schreiben von Neologismen nach Diktat* für die Vortestungen (VT1, VT2, VT3) und die Nachtstung 1 (NT1). Rechts: Darstellung der korrekt geschriebenen Neologismen zu den jeweiligen Testzeitpunkten.

6.4 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde mit einem Probanden mit chronisch amnestischer Aphasie ein Benenningstraining am PC durchgeführt, bei dem der Roboterkopf Flobi mimisches und auditives Feedback gab. Es fand eine Evaluation der Nutzungsqualität des Roboters statt, bei der der Fokus auf interaktionszentrierten Kriterien, wie der Effektivität des roboterunterstützten Benenningstrainings lag und auf benutzerzentrierten Kriterien, wie der Zufriedenheit des Patienten. Darüber hinaus wurde überprüft, inwieweit eine Fehlerrate im Feedback einen Einfluss auf die Therapieergebnisse hat und welche Rolle emotionale Alignmentmechanismen wie *Mimikry* und eine *konzeptuelle Adaptation* spielen. Diese Ergebnisse liefern wichtige Erkenntnisse zur Entwicklung eines Computermodells als Grundlage für den Einsatz eines emotional agierenden Roboters bei Sprach- und Kommunikationsstörungen.

Im Folgenden wird nun zunächst auf die Effektivität bzw. Wirksamkeit des roboterunterstützten Benenningstrainings eingegangen, bevor dann die einzelnen Bedingungen und Effekte näher diskutiert werden.

Bei der Untersuchung der Wirksamkeit einer Therapie sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen, wie eine Spontanremission², der spezifische Therapieeffekt, der unspezifische Therapieeffekt und Fehler, die beispielsweise durch das Studiendesign oder das Verhalten des Therapeuten bedingt sind. In Hinblick auf den Faktor *Spontanremission* ist zu sagen, dass sich Herr H. im chronischen Stadium befand. Dass es in diesem Stadium zu plötzlichen Verbesserungen kommt, die allein auf diesem Faktor beruhen, ist sehr unwahrscheinlich. Eine solche Spontanremission tritt zumeist in den ersten 6 Monaten nach dem verursachenden Ereignis auf, wobei sich ihre Wirkung insbesondere in den ersten 3 Monaten zeigt (s. Tesak, 2005 [289]). Der hypoxische Hirnschaden des Patienten, der als Auslöser seiner Aphasie gilt, liegt jedoch schon mehrere Jahre zurück. Die Verbesserungen des Patienten sind daher auf

²Eine Spontanremission ist eine mehr oder weniger selbstständige Rückbildung der Symptomatik (s. Tesak, 2005 [289])

einen spezifischen und/ oder unspezifischen Therapieeffekt zurückzuführen. Es zeigte sich, dass Herr R.H. nach der Intervention signifikant mehr Wörter benennen konnte als vor dem Benenningstraining (Bestätigung der Hypothese H1a). Diese unmittelbaren Therapieergebnisse sprechen eindrücklich für die Wirksamkeit der Interventionsmaßnahme. Dieses Ergebnis ist, angesichts der Ergebnisse der Studie von Schomacher und Kollegen (2006) [266], zu erwarten gewesen. In der Studie von Schomacher et al. (2006) [266] profitierten alle eingeschlossenen Probanden mit Benennstörungen von dem Training. Da das Benenningstraining dieser Studie sehr ähnlich der des repetitiven, hochfrequenten Therapiesettings von Schomacher et al. (2006) [266] aufgebaut war und die gleichen Stimuli genutzt wurden, ist ein erfolgreiches Abschneiden von Herrn R.H. nicht weiter überraschend. Ein Generalisierungseffekt, bei dem auch die ungeübten Stimuli nach Abschluss der Intervention besser benannt werden können, konnte nicht beobachtet werden. Hypothese H1b ist daher widerlegt. Für alle geübten Stimulussets zusammengenommen konnte zudem ein Langzeiteffekt beobachtet werden (Bestätigung der Hypothese H1c). Der aphasische Proband konnte, auch einige Monate nach dem Ende des Benenningstrainings, signifikant mehr Wörter richtig benennen als es vor dem Benenningstraining der Fall gewesen ist. Dieses Ergebnis ist mit den Ergebnissen der Studie von Schomacher und Kollegen (2006) [266] vergleichbar. Die Probanden dieser Studie erzielten ebenfalls weitestgehend stabile erfolgreiche Ergebnisse hinsichtlich ihrer Benennleistung nach 6 Monaten.

Auch wenn diese Ergebnisse deutlich für einen spezifischen Therapieeffekt sprechen, die Methode des roboterunterstützten Benenningstrainings somit wirksam war, können unspezifische Therapieeffekte nicht ausgeschlossen werden. Mit diesen sind Wirkungen gemeint, die allein dadurch auftreten, dass eine Therapie durchgeführt wurde. Dass solche Effekte, die auf eine soziale Anwesenheit zurück zu führen sind, auch eine Rolle in der Mensch-Roboter Interaktion spielen, konnte Riether (2013) [246] zeigen. In dieser Studie führte die Anwesenheit eines Roboters zu besseren Ergebnissen einer kognitiven Aufgabe, die der Studienteilnehmer zu bewältigen hatte. Insbesondere im Kontext der Therapie ist allerdings auch entscheidend, dass der Therapeut bzw. in diesem Fall der Roboter, als sympathisch wahrgenommen wird und der Patient gerne mit diesem interagiert. Eine qualitative Befragung des Aphasikers nach Abschluss der einzelnen Interventionssitzungen ergab, dass dieser den Roboter sympathisch fand, das Szenario für ihn, trotz der zeitlichen Länge, in Ordnung war und er sich auch weiterhin vorstellen kann, mit dem Roboter Flobi im Rahmen einer therapeutischen Intervention zu arbeiten. Das Ergebnis dieser direkten Messmethode ist zunächst als vielversprechend für weitere Untersuchungen zu bewerten. Es entspricht den in der Studie von Rieke (2013) [245] erzielten Ergebnissen der Befragung neurologischer Patienten zum Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie. Auch diese äußerten sich einem Robotereinsatz im therapeutischen Kontext gegenüber sehr positiv. Generell kann es daher sein, dass neben dem spezifischen Therapieeffekt ein unspezifischer Therapieeffekt mit hinzukam. Nichtsdestotrotz ist jedoch auch nicht auszuschließen, dass in dieser Studie ein *Erwünschtheitseffekt* auftrat. Dies würde bedeuten, dass sich der Proband so positiv geäußert hat, da er wusste, dass mit der Studie die Möglichkeiten einer Roboterunterstützung in der Benenntherapie untersucht wird. Um aussagekräftige Ergebnisse zur Akzeptanz eines Roboters in der Sprachtherapie zu erhalten müssen daher weitere robotergestützte Interventionen mit Aphasikern durchgeführt und analysiert werden.

Interessant sind die Unterschiede, die in Hinblick auf die einzelnen Stimulussets, deutlich werden. Trotz gleicher Voraussetzungen in Bezug auf die Frequenz und Länge der Wörter und

auf ihre Zugehörigkeit zu den gleichen semantischen Feldern, konnte für manche Bedingungen in der zweiten Nachtestung ein signifikanter Unterschied in der Benennleistung zu der ersten Vortestung erzielt werden und für manche Bedingungen nicht. Bemerkenswert ist das Ergebnis, dass bei einem Fehleranteil von 25 % im emotionalen Feedback, kein signifikanter Unterschied zwischen der Benennleistung vor und nach der Intervention gefunden werden kann (VT1-NT2), wohingegen bei der Bedingung mit einem Fehleranteil von 100 Prozent im emotionalen Feedback, der Unterschied zwischen der Benennleistung vor und nach der Intervention hoch signifikant ist (VT1-NT2). Dies widerlegt Hypothese 2. Worauf dieser Unterschied in den Bedingungen beruht, ist unklar. Es konnte jedoch auch ein Unterschied für die Bedingungen *Mimikry* und *konzeptuell* gefunden werden. Während bei der konzeptuellen Bedingung ein hoch signifikanter Unterschied zwischen der Benennleistung vor und der Benennleistung einige Monate nach der Intervention (VT1-NT2) gefunden werden konnte, ergab die Analyse der Benennleistung für das Set mit der Bedingung *Mimikry* keinen signifikanten Unterschied (VT1-NT2). Dieses Ergebnis liegt jedoch nur sehr knapp oberhalb des Signifikanzniveaus von $p > 0.05$. Es kann als Hinweis genommen werden, dass eine konzeptuelle Reaktion eines Roboters möglicherweise geeigneter ist als eine Reaktion im Sinne einer *Mimikry*. Allerdings konnte bei einem direkten Vergleich der beiden Bedingungen in den zwei Nachtests kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Daher ist diese Aussage nur eingeschränkt interpretierbar. Die Hypothese H3 konnte jedoch nicht bestätigt werden. Unter Bezugnahme auf die Literatur führt mehr bzw. stärkeres Lächeln zu einer Erhöhung der Attraktivität des Gegenüber (z.B. Winkelman et al., 2015 [321]). Dies fördert die interaktionale Beziehung und zudem die Akzeptanz eines Gegenüber. Positive Effekte im Rahmen der Therapie dank emotionaler Ansteckung durch den Therapeuten sind ebenfalls nachgewiesen (s. Ambady et al., 2002 [3]). Diese fanden Effekte, die bis zu drei Monate andauerten. Dabei wurde ein distanziertes Verhalten eines Therapeuten von den Probanden als negativer wahrgenommen im Vergleich zu einem positiven Verhalten (mehr lächeln und nicken). Da die konzeptuelle Reaktion mehr positive Ausdrücke und somit mehr Lächeln impliziert, sollte ein konzeptuell reagierender Roboter als positiver wahrgenommen werden. Dies sollte eigentlich einen positiven Einfluss auf die Leistung des Probanden haben. Dieser Effekt ließ sich in dieser Studie jedoch nicht eindeutig nachweisen.

Der Vergleich der Benennleistung für die ungeübten Stimuli vor und nach dem roboterunterstützten Benenningstraining ergab keinen signifikanten Unterschied. Dies gilt sowohl für die Erhebung direkt nach der Intervention als auch für die Erhebung, die mehrere Monate später durchgeführt wurde. Dass es zu keiner Generalisierung kam ist überraschend. Nach der zu Beginn aufgestellten Hypothese, die auf den Ergebnissen der Studie von Schomacher und Kollegen (2006) [266] beruht, sollten sich die Leistungsverbesserungen im Bereich Benennen auf die nicht in der Interventionsphase trainierten Items übertragen. Dies könnte auf eine, durch das Training erworbene, allgemeine *Wortabruf-Strategie* hindeuten. Eine solche hat der Proband Herr H. scheinbar nicht erworben. Allerdings zeigte sich in der Studie von Schomacher et al. (2006) [266] auch nicht bei allen Probanden ein solcher Generalisierungseffekt. Die dort beschriebenen Verbesserungen mancher Probanden könnte daher vielleicht doch durch die wiederholte Vorgabe der Objekte in den Vor- und Nachuntersuchungen erklärt werden. Entgegen der Vorgehensweise von Schomacher und Kollegen haben wir jedoch auf die Unterstützung durch graphematische und phonematische Hilfen verzichtet. Dies könnte eine Erklärung für die Unterschiede bei der Generalisierung auf ungeübte Items sein. Auch Bachmann und Lorenz (2009) [10] zeigen in ihrer Studie, dass wortformbasierte Therapie,

bei der mit phonologischen und graphematischen Hilfen gearbeitet wurde zu Generalisierungseffekten auf ungeübtes Material führte, wohingegen eine semantische Therapie ohne diese Hilfen zu keinen Generalisierungseffekten führte. Die Lernerfolge der Aphasiker können somit vielleicht auf unterschiedlichen Mechanismen beruhen, die sie durch Unterschiede in den therapeutischen Hilfestellungen erwerben. So erwerben manche durch das Training mit graphematischer und phonematischer Hilfen vielleicht eine generelle Wortabruf - Strategie, die es ihnen ermöglicht leichter auf geübte und ungeübte Wörter zuzugreifen, wohingegen die Aphasiker ohne solche Hilfen die geübten Wörter schlicht neu lernen und daher nur erfolgreiche Benennungen bei diesen möglich sind. Zur Überprüfung eines Transfereffektes wurde die Kontrollaufgabe *Schreiben von Neologismen nach Diktat* durchgeführt. Hierbei ergab sich keine deutliche Verbesserung. Während vor der Intervention die Anzahl korrekt geschriebener Wörter im Mittel bei von 20 Neologismen lag, so lag sie nach dem Benenntraining bei 4 von 20 Neologismen. Es kam somit zu keinem Transfereffekt des roboterunterstützten Benenntrainings auf diesen anderen sprachlichen Bereich. Da Schomacher und Kollegen (2006) [266] von keiner Kontrollaufgabe, die sie parallel zum Benenntraining durchgeführt haben berichten, ist ein Vergleich an dieser Stelle nicht möglich.

Die erhöhte Anzahl korrekter Benennungen nach der Intervention im Vergleich zu den Vortests scheint jedoch unabhängig des emotionalen Feedbacks des Roboters zu sein. Sowohl in der Bedingung, bei der der Roboter zu 25 Prozent falsches Feedback gibt, als auch in der Bedingung, bei der der Roboter zu 100 % falsches Feedback gibt, ist ein signifikanter Unterschied zu der Benennleistung vor der Intervention zu finden. Einzig in der Bedingung, bei der der Roboter zu 75 % falsches Feedback gibt, ist der Unterschied zwischen der Benennleistung vor dem Training und der Benennleistung nach dem Training nicht signifikant. Es ist dennoch auch hier eine deutliche Verbesserung erkennbar, die als ein Trend hin zu einem signifikanten Unterschied beschrieben werden kann. Hypothese H2 ist somit nicht bestätigt. Wie dieser Unterschied zwischen den Bedingungen zustande kommt ist nicht durch Unterschiede in den Stimuli erklärbar. Diese wurden vorab hinsichtlich ihrer Silbenanzahl, Frequenz und der Zugehörigkeit zu semantischen Feldern hin kontrolliert. Da die unterschiedlichen Sets in jeder Sitzung und in pseudo-randomisierter Reihenfolge präsentiert wurden, lässt es sich auch nicht durch Unterschiede in der Tagesform oder aufgrund nachlassender Konzentration erklären. Da der Unterschied im Vergleich vor und nach der Intervention jedoch zumindest einen Trend aufweist, erscheint der Unterschied im Vergleich zu den anderen Feedbackbedingungen daher wenig aussagekräftig. Wesentlich interessanter ist die Tatsache, dass selbst bei einem emotional komplett verkehrten Feedback oder anders formuliert, einem komplett negativen Feedback des Roboters ein Erfolg beim Benenntraining beobachtet werden konnte.

Hierfür gibt es einige Erklärungsansätze, die u.a. auf dem Studiendesign beruhen. Es kann sein, dass der Proband das Feedback des Roboters nicht im ganzen Ausmaß wahrgenommen hat. Möglicherweise hat Herr H. nur in wenigen Fällen zum Roboter aufgeblickt, da er auf den Bildschirm fokussiert war. Dies wäre eine Ursache, warum ihm eine Diskrepanz zwischen seinem Ausdruck und dem des Roboters nicht aufgefallen ist. Alternativ kann es sein, dass der Proband das Feedback des Roboters zwar wahrgenommen hat, ihm jedoch die Fehler im Feedback verziehen bzw. diese akzeptiert hat. Da der Proband vorab über keine Erfahrung im Umgang mit einem Roboter verfügte, war es ihm nicht möglich das Verhalten des Roboters realistisch einzuschätzen (s. Meyer, 2011 [207]). Ein vollständig korrektes Feedback, wie man es von einem menschlichen Gegenüber erwarten würde, hat er für den Roboter eventuell nicht

erwartet, so dass ihn die Fehler im Feedback nicht irritiert haben. Weiterhin kann es sein, dass durch die zeitliche Verzögerung, die aufgrund des Wizard of Oz - Design entstand, der Patient die Reaktionen des Roboters nicht als Feedback empfunden hat, sondern als davon unabhängige emotionale Ausdrücke. Diese wären dann nicht mit dem vorher präsentierten Stimulus verknüpft und könnten zu keinem Effekt führen. In jedem Fall sollte erneut eine Studie zum roboterunterstützten Benenningstraining durchgeführt werden, bei der die in dieser Studie als kritisch identifizierten Punkte berücksichtigt werden können.

6.4.1 Zusammenfassung und Fazit

Diese Studie stellte einen ersten Versuch dar, ein PC-gestütztes Benenningstraining bei Aphasie mit einem sozialen Roboter als Motivator und Feedbackgeber zu ergänzen. Dabei verhielt sich der Roboter, je nach Bedingung, entweder emotional angemessen in seinem Feedbackverhalten oder zu einem gewissen Prozentsatz unangemessen. Hier zeigte sich, dass die Fehlerrate keinen Einfluss auf die Benennleistung des Probanden hatte. Es kam sowohl generell für alle Stimuli, als auch für die Stimulisets mit unterschiedlichen Fehlerraten im emotionalen Feedback (25 % Fehler, 100 % Fehler) zu einem bedeutsamen Unterschied in der Benennleistung zwischen dem Vortest im Vergleich zu dem Nachtest (ausgenommen der 75 % Fehlerrate im Feedback). Der Erfolg des roboterunterstützten Benenningstrainings betrifft jedoch nur die trainierten Stimuli. Weder bei den ungeübten Stimuli, noch bei der Kontrollaufgabe *Schreiben von Neologismen nach Diktat* konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der Leistung vor und der Leistung nach der Intervention verzeichnet werden. Der Proband Herr H. nahm seine Benennleistung auch aus subjektiver Sicht als verbessert wahr. Er akzeptierte den Einsatz des Roboters und würde, nach eigener Aussage, das roboterunterstützte Benenningstraining erneut durchführen. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der Einsatz eines Roboters in der Therapie von Benennstörungen bei Aphasie umsetzbar ist und darüber hinaus auch effektiv sein kann. Sowohl mimisches als auch sprachliches Feedback des Roboters erscheint für dieses therapeutische Szenario angemessen. Auf welchen emotionalen Alignmentmechanismen die emotionalen mimischen Reaktionen des Roboters beruhen, scheint dabei jedoch keine Rolle zu spielen.

Aussagen darüber, inwieweit positives Feedback besser ist als kein Feedback (vgl. Feng et al., 2013 [106]) können nicht getroffen werden. Als Anregungen bzw. Verbesserungsvorschläge für nachfolgende Studien können folgende Punkte aufgeführt werden. In nachfolgenden Studien sollte stärker an der Aufmerksamkeitsmodulation durch den Roboter gearbeitet werden. Die Ergebnisse dieser Studie können eventuell darauf beruhen, dass Aktionen des Roboters nicht oder nicht ausreichend wahrgenommen wurden. Ein Vorschlag wäre, dass das robotische System, basierend auf einem Monitoring des Blickverhaltens des Patienten, verbales Feedback gibt, um die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken. Eine weitere Frage, die in nachfolgenden Studien untersucht werden kann, ist, ob durch ein dynamischeres Setting, z.B. durch mehr Interaktion mit dem Roboter, die Aufmerksamkeit des Patienten verstärkt auf den Roboter gelenkt wird und dadurch die Generalisierungs- und Langzeiteffekte verbessert werden können.

In jedem Fall stellt der Roboter in Kombination mit dem Computer eine sinnvolle Ergänzung der üblichen Therapie von Benennstörungen dar, die eine zusätzliche Übungsmöglichkeit z.B.

in der Rehabilitationsklinik oder Zuhause ermöglicht.

7 Zusammenfassende Diskussion

Die nun folgende Diskussion bezieht alle in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse mit ein. Sie orientiert sich an den in der Einleitung (Kapitel 1) aufgestellten Fragen zum Robotereinsatz in der Sprachtherapie. Die Fragestellungen sind aufgeteilt in die Bereiche (1) Akzeptanz von Robotern in der Sprachtherapie, (2) Nutzen von Robotern in der Sprachtherapie und (3) Emotionales Verhalten von Robotern in der Sprachtherapie.

7.1 Akzeptanz von Robotern in der Sprachtherapie

Hinsichtlich der Akzeptanz von sozialen Robotern im Kontext der Sprachtherapie wurden zu Beginn dieser Arbeit folgende Fragen aufgestellt, die nun beantwortet werden sollen:

- *Werden Roboter in der Therapie von Kommunikations- und Sprachstörungen akzeptiert?*
- *Gibt es Unterschiede zwischen professionellen und nicht professionellen Nutzern?*

In der vorliegenden Dissertation wurde die Akzeptanz robotischer Systeme für die Sprachtherapie mit Hilfe unterschiedlicher Methoden untersucht. Es fand eine Überprüfung aller drei Formen der Akzeptanz eines Roboters nach Beer et al., 2011 [20] statt. Diese sind (1) die Einstellungsakzeptanz, (2) die intentionale Akzeptanz und (3) die Verhaltensakzeptanz. Zur Analyse der Einstellungsakzeptanz gegenüber Robotern in der Sprachtherapie standen zum einen Ergebnisse einer deutschlandweiten, explorativen Fragebogenstudie, die mit 104 Sprachtherapeuten durchgeführt wurde, zur Verfügung (Malchus et al., 2013 [196]). Zum anderen konnte auf die Ergebnisse der Befragung neurologischer Patienten mit sprachtherapeutischem Behandlungsbedarf zurückgegriffen werden (s. Rieke, 2013 [245]). Beide Studien wurden in Kapitel 2 vorgestellt und die Ergebnisse u.a. zu den Charakteristika und Aufgabenbereichen eines Roboters für die Sprachtherapie miteinander verglichen. Hier zeigte sich, dass beide Nutzergruppen hohe Erwartungen an einen Roboter für diesen Kontext hatten, wobei insbesondere die Nutzerfreundlichkeit, die Sprachproduktion und eine hohe Aufmerksamkeit des Roboters betont wurden. Neben der Einstellungsakzeptanz wurde in beiden Studien die intentionale Akzeptanz untersucht. Darüber hinaus wurde die Einstellungsakzeptanz mit Hilfe des Fragebogens *NARS* (Nomura et al., 2004 [221]) untersucht (siehe Kapitel 2, Abschnitt 3). Dieser Fragebogen wurde von Patienten mit ASS sowie gesunden Kontrollprobanden ausgefüllt. Letzten Endes lieferte die Befragung eines Probanden mit chronischer amnestischer Aphasie (s. Kapitel 6) Ergebnisse zur Einstellungsakzeptanz des robotischen Systems während bzw. nach einem Einsatz des Roboters Flobi in einem therapeutischen Szenario. Die Verhaltensakzeptanz konnte im Rahmen dieser Studie (Kapitel 6) ebenfalls gemessen werden. Die Ergebnisse dieser vier Studien sind aufgrund der unterschiedlichen

Messinstrumente per se nicht miteinander zu vergleichen. Sie liefern jedoch Aufschluss über unterschiedliche Aspekte, die für den Einsatz eines Roboters in der Sprachtherapie relevant sind und können als Anhaltspunkte für eine tiefergreifende Analyse genutzt werden.

Zunächst werden die Ergebnisse der Studie mit den professionellen Nutzern (Sprachtherapeuten) erläutert und diskutiert. Im Anschluss daran wird dann auf die Ergebnisse der Studie mit den nicht professionellen Nutzern (neurologische Patienten, Patienten mit ASS) eingegangen. Die Ergebnisse zur Einstellungsakzeptanz bzw. zur intentionalen Akzeptanz der professionellen Nutzer sind differenziert zu betrachten. Es zeigt sich, dass der Großteil der Befragten einem Einsatz eines Roboters in der Therapie nicht negativ gegenüber steht (s. Malchus et al., 2013 [196]). Dies steht im Einklang mit Studien u.a. von Butter et al. (2008) [46], Meyer (2011) [207] oder Tsui und Yanco (2007) [299]. Einige der Befragten sind jedoch auf Grund mangelnder Erfahrung im Umgang mit Robotern unsicher und haben Zweifel. Gründe hierfür sind die Sorge um den eigenen Arbeitsplatz, die Sorge, der Patient könne sich durch den Roboter zu stark isolieren, die Sorge, dass der Aufwand einen Roboter einzusetzen zu groß sei und dass die Kosten in keinem angemessenen Verhältnis zum Nutzen stünden. Insbesondere die hohen Kosten eines Roboters wurden auch in der Studie von Tsui und Yanco (2007) [299] als kritischer Punkt aus Sicht des befragten Personals im Gesundheitsbereich angegeben. In dieser Studie standen die professionellen Nutzer einem Robotereinsatz ebenso mit gemischten Gefühlen gegenüber, wie in der Studie von Malchus et al. (2013) [196]. Die unterschiedlichen Einstellungen spiegeln sich zudem in der wahrgenommene Nützlichkeit wieder. Diese hat jedoch, folgt man dem TAM (Davis, 1989 [73]), einen Einfluss auf die spätere Nutzung der Technologie. Damit ein Roboter von den Therapeuten tatsächlich eingesetzt wird, müsste daher u.a. Aufklärungsarbeit geleistet werden, damit sich die subjektive Einschätzung der Therapeuten bzw. die wahrgenommene Nützlichkeit der robotischen Systeme verbessert. Ebenso wären durch Studien gewonnene Nachweise zur Nützlichkeit eines robotischen Systems in der Therapie hilfreich. Diese Ergebnisse müssen transparent dargestellt und dem Endnutzer zur Verfügung gestellt werden.

Basierend auf der Arbeit von Malchus et al. (2013) [196] konnten zudem Aspekte identifiziert werden, die sich als akzeptanzfördernd bzw. akzeptanzhemmend für die Robotik in der Sprachtherapie herausstellen. In diesem Zusammenhang zeigte sich, dass das äußere Erscheinungsbild des Roboters als nicht so wichtig eingeschätzt wurde. Dieses Ergebnis wurde auch in der Studie von Rieke (2013) [245] erzielt. Die Benutzerfreundlichkeit empfanden die Befragten beider Studien hingegen als besonders wichtig. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Variablen des TAM von Davis (1989) [73]. Die Benutzerfreundlichkeit ist nach Davis (1989) [73] einer der beiden Hauptaspekte, die einen Einfluss darauf haben, ob eine Technologie genutzt wird. Ergänzend wird die Benutzerfreundlichkeit von Butter et al. (2008) [46] als wichtiger Aspekt der Akzeptanz robotischer Systeme in der Gesundheitsversorgung betont. Die Autoren differenzieren hierbei zwischen Nutzerfreundlichkeit und Praktikabilität. Malchus et al. (2013) [196] fassen diese Aspekte jedoch in einer Variable zusammen. Vergleicht man die Ergebnisse der Studien von Malchus et al. (2013) [196] und Rieke (2013) [245], so zeigt sich, dass die Ergebnisse der Befragungen sehr ähnlich sind. Sowohl professionelle als auch nicht professionelle Nutzer hatten hohe Erwartungen bzw. Ansprüche an die Fähigkeiten, über die ein Roboter in der Therapie verfügen sollte. Diese betreffen die sozialen, die sprachlichen und die emotionalen Kompetenzen des Roboters. Ein Roboter für die Sprachtherapie soll nach Angabe der befragten Therapeuten beispielsweise eine sehr gute Sprachproduktion und ein sehr gutes Sprachverständnis haben. Er soll

empathisch sein, aufmerksam und flexibel. Zudem sollte er sich an den Interaktionspartner anpassen und die individuellen Schwierigkeiten der Patienten berücksichtigen. Diese extrem hohen Erwartungen an alle Kompetenzbereiche des Roboters können u.a. ein Ausdruck der Unsicherheit der Studienteilnehmer auf Grund mangelnder Vorkenntnisse zu Robotern sein. Andererseits zeigen die Studien von Klamer und Ben Allouch (2010) [164], Heerink et al. (2010) [130] und De Ruyter et al. (2005), dass hohe soziale Fähigkeiten eines Roboters einen positiven Einfluss auf die Wahrnehmung und die Interaktion haben. Um die Akzeptanz eines robotischen Systems zu erhöhen, sollten daher die eben aufgeführten Anforderungen an das robotische System - so gut es geht - bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Entgegen der Expertenmeinungen verdeutlichen die Ergebnisse der Funktionalitätsstudie (Kapitel 6), dass ein Roboter für die Sprachtherapie jedoch auch mit geringeren Fähigkeiten auskommen kann. Der Roboter Flobi besaß in dieser Studie, bei der die Benennleistung eines Aphasikers trainiert wurde, nur einige der kommunikativen und emotionalen Kompetenzen. Dies lag u.a. daran, dass das Szenario bewusst einfach gehalten war. Der Roboter war in diesem Szenario in der Lage sich verbal und mimisch auszudrücken, mit dem Ziel zu motivieren und Feedback zu geben. Das Verhalten des Roboters wurde jedoch, im Sinne eines Wizard of Oz - Designs, vom Versuchsleiter gesteuert. Der Roboter verfügte in diesem Szenario weiterhin über die Fähigkeit Emotionen auszudrücken. Äußere Aspekte, wie der Wunsch nach einem weiblich wirkenden Roboter, der in der Studie zur Akzeptanz robotischer Systeme seitens der nicht professionellen Nutzer zum Ausdruck kam (s. Kapitel 3.2 und Rieke, 2013 [245]), wurden jedoch bereits berücksichtigt. Diese Aspekte führten dazu, dass der Roboter von dem Probanden nach eigener Aussage über mehrere Wochen hinweg als angenehmer Interaktionspartner wahrgenommen und akzeptiert wurde. Wie allerdings bereits im Kapitel 6 beschrieben, handelte es sich hierbei um eine Einzelfallstudie. Die Ergebnisse sind daher nicht repräsentativ. Zudem kann die Erwünschtheit einen Einfluss auf das Ergebnis zur Akzeptanz des Roboters während der Therapie gehabt haben.

Zusammengefasst kann die Aussage getroffen werden, dass Roboter in der Sprachtherapie nicht grundsätzlich abgelehnt werden. Ein Großteil der befragten professionellen und nicht professionellen Nutzer war offen gegenüber einem Einsatz eines Roboters in der Sprachtherapie. Die Frage, ob es Unterschiede in der Akzeptanz zwischen professionellen und nicht professionelle Nutzern gegenüber Robotern in der Sprachtherapie gibt, ist mit "geringfügig" zu beantworten. Beide Nutzergruppen haben hohe Erwartungen an das robotische System und ihre Einstellungsakzeptanz hinsichtlich eines Robotereinsatzes in der Sprachtherapie ist ähnlich. Dennoch konnten bei der Gruppe der professionellen Nutzer einige Sorgen und Zweifel beobachtet werden, die jedoch vor allem auf die geringen Kenntnisse und Erfahrungen mit Robotern und der RST zurückzuführen sind. Auch im Rahmen des roboterunterstützten Benenntrainings wurde der Roboter Flobi akzeptiert (s. Kapitel 6). Der Studienteilnehmer äußerte sich sowohl vor als auch nach der Intervention positiv in Bezug auf den Einsatz des Roboters.

7.2 Nutzen von Robotern in der Sprachtherapie

In diesem Abschnitt der Diskussion wird auf die Frage eingegangen, inwieweit soziale Roboter einen Mehrwert für die Sprachtherapie darstellen und in welchen Bereichen sie eingesetzt werden können. Wie im Abschnitt zuvor wird sich an den in der Einleitung aufgestellten

Fragen orientiert.

Wo und wozu können Roboter in der Sprachtherapie eingesetzt werden?

Die Studie von Malchus et al. (2013) [196] widmete sich u.a. der Frage zu den Einstellungen von Sprachtherapeuten gegenüber Robotern in der Sprachtherapie. In diesem Zusammenhang wurden die Studienteilnehmer gefragt, wo sie sich einen Robotereinsatz vorstellen könnten (z.B. zuhause, in der Akutklinik, in der Rehabilitationsklinik, in der sprachtherapeutischen Praxis). Viele der Teilnehmer sprachen sich für einen Einsatz bei dem Patienten zuhause aus. Dies hat gute Gründe. Zum Einen ermöglicht dies dem Patienten eine häufigere Nutzung des Roboters. Bei entsprechend hoher Nutzerfreundlichkeit bzw. einfacher Bedienbarkeit könnte der Patient täglich Übungen durchführen und so eine zusätzliche hochfrequente Trainingseinheit ergänzend zur normalen Sprachtherapie erhalten. Dies ist entscheidend für den Erfolg einer Therapie. Sollte der Roboter die Trainingsdaten speichern können, so hätte der Therapeut die Möglichkeit diese zu analysieren. Eine präzisere Einschätzung der Fähigkeiten und Schwierigkeiten des Patienten wäre möglich - im Vergleich zur konventionellen Therapie, bei der der Therapeut den Patienten nur 1 x in der Woche in seiner Praxis sieht. Die Leistungen in dieser einzelnen Sitzung können beispielsweise z.T. durch die Tagesform des Patienten oder die ungewohnte Umgebung beeinflusst sein. Ein ergänzende roboterunterstützte Trainingseinheit zuhause wäre somit ein Mehrgewinn.

Von der Pütten et al. (2011) [307] konnten bereits zeigen, dass der Einsatz eines Roboters als Gesundheitsberater bei Patienten zuhause erfolgreich sein kann. Zudem zeigten beispielsweise Gross et al. (2011) [121] und Schroeter et al. (2013) [267], dass ein Roboter sich als Begleiter zuhause bei älteren Personen mit milden kognitiven Beeinträchtigungen eignet. Voraussetzung ist, dass der Roboter an bestimmte Lebensumstände, die sensorischen, motorischen und kognitiven Kompetenzen des Nutzers, sowie bestimmte Bewältigungsstrategien angepasst ist, damit derjenige den Roboter akzeptiert, effektiv nutzt und dadurch seine Lebensqualität steigert (s. Diaz et al., 2013 [82]). Die Beispiele zeigen, dass der Einsatz eines Roboters zuhause bei Personen mit Einschränkungen funktionieren kann. Inwieweit ein häuslicher Einsatz als Trainer sprachlicher und kommunikativer Kompetenzen erfolgreich ist, muss noch überprüft werden. Mubin und Al Mahmud (2008) [213] geben erste Hinweise, wie sich ein solcher Einsatz bei Patienten mit Aphasie gestalten könnte. Der Einsatz eines Roboters in einer Akutklinik (z.B. nach einem Schlaganfall) erscheint den befragten Therapeuten der Studie von Malchus et al. (2013) [196] ungeeignet. Dies liegt u.a. daran, dass die Patienten häufig noch schwer beeinträchtigt sind, sich mit ihrer Erkrankung auseinandersetzen müssen und eine Sprachtherapie ohnehin, aufgrund von Spontanremission¹, sehr flexibel sein muss (s. Huber et al., 2006 [147]). Der Robotereinsatz in einer Rehabilitationsklinik erscheint sinnvoller, da sich hier die Symptome stabilisiert haben, weniger stark fluktuieren und daher besser eingeordnet werden können. Darüber hinaus ist der Patient kognitiv belastbarer als in der Akutphase. Dies ermöglicht beispielsweise ein Benenntraining mit dem Patienten, wie es in der in Kapitel 6 vorgestellten Studie getestet wurde. Zudem kann hier eine multidisziplinäre Behandlung mit einem Roboter durchgeführt werden (s. Choe et al., 2013 [57]), bei der beispielsweise Physio- und Sprachtherapie Hand in Hand arbeiten.

¹Unter Spontanremission versteht Franke (2004) [109] eine natürliche, nicht durch Therapie bedingte Verbesserung einer Erkrankung

In Hinblick auf die Funktion eines Roboters wird an dieser Stelle auf die *International Classification of Functioning, Disability and Health* (ICF, WHO, 2005 [326]) verwiesen. In dieser werden Technologien (und somit auch Roboter) unter dem Punkt Umweltfaktoren im Rahmen der Kontextfaktoren aufgeführt. Ein Roboter, der für ein Benenningstraining beispielsweise zuhause beim Patienten eingesetzt wird, wäre somit ein Förderfaktor aus Sicht des Patienten. Er wäre ein Hilfsmittel, das nicht nur mit dem Ziel der Verbesserung der kommunikativen und sprachlichen Fähigkeiten eingesetzt würde, sondern auch der Verbesserung der Lebensqualität des Patienten und der Möglichkeit zur sozialen Teilhabe dient (näheres zur ICF in der Sprachtherapie s. Iven und Grötzbach, 2009 [151]). Nach der Studie von Malchus et al. (2013) [196], die in Kapitel 3 beschrieben ist, sehen die Sprachtherapeuten einen sozialen Roboter hauptsächlich mit der Funktion, die Motivation der Patienten zu steigern. Da die neurologischen Patienten mit sprachtherapeutischem Behandlungsbedarf einem Robotereinsatz gegenüber nicht abgeneigt sind (s. Kapitel 3.2), ist eine Motivationssteigerung durchaus vorstellbar. Zudem überprüften bereits Colombo et al. (2007) [62] inwieweit ein Roboter die Motivation neurologischer Patienten mit physiotherapeutischen Behandlungsbedarf steigern kann. Sie fanden heraus, dass ein Roboter dies u.a. durch reaktives Feedback erreichen kann. Der Einsatz eines Roboters weckt, ausgehend von einer positiven Einstellung des Patienten, zunächst einmal Interesse und erhöht die Aufmerksamkeit. Zudem sind mit einem Roboter einige spielartige Szenarien möglich, die den Spaß und Motivationsfaktor erhöhen, was wiederum einen Einfluss auf den Erfolg einer Therapie hat (Colombo et al., 2007 [62]). Darüber hinaus haben weitere Studien bereits belegt, dass ein sozialer Roboter dafür geeignet ist, die Motivation verschiedener Probandengruppen zu steigern (z.B. Fasola & Mataric, 2010 [103]; McGill, 2012 [199]; Riether, 2013 [246]; Süssenbach et al., 2014 [282]). Dies gilt insbesondere für die Erhöhung der Motivation im therapeutischen Kontext (e.g. Dautenhahn & Billard, 2002 [71]; Erikson, Mataric, & Winstein, 2005 [99]; Patel et al., 2012 [226]; Robins et al., 2005 [254]).

Die befragten Therapeuten in der Studie von Malchus et al. (2013) [196] gaben weiterhin an, dass ein Roboter geeignet sein könnte, um für Abwechslung in der Therapie zu sorgen und um stetige Wiederholungen durchzuführen (wie es beispielsweise im Rahmen eines repetitiven Benenningstrainings der Fall ist, s. Schomacher et al., 2006 [266]). Im Rahmen eines offenen Textformats konnten zudem die Funktionen *Kommunikationsmöglichkeit für den Patienten im Alltag*, *Steigerung der Therapiefrequenz in Eigenübung*, *Rollenspielpartner zur Vorbereitung für reales in-vivo Training* und *zur Evozierung von Sprachäußerungen* identifiziert werden. Der Punkt *Steigerung der Therapiefrequenz in Eigenübung* wäre beispielsweise durch das in Kapitel 6 vorgestellte Benenningstraining abgedeckt. Die Funktion eines Roboters *zur Evozierung von Sprachäußerungen* wurde bereits mit Personen mit Autismus-Spektrum-Störung überprüft (s. Simut et al., 2012 [272]). In weiteren Studien muss jedoch nachgewiesen werden, inwieweit sich diese Ergebnisse auf den Einsatz bei Personen mit andere, sprachtherapeutisch relevanten, Störungsbildern übertragen lassen.

Welche Szenarien sind für den Einsatz eines Roboters in der Sprachtherapie geeignet?

Im Rahmen der Funktionalitätsstudie in Kapitel 6 wurde untersucht, inwieweit ein Roboter bei einem hochfrequenten, repetitiven Benenningstraining bei einem Patienten mit Aphasie

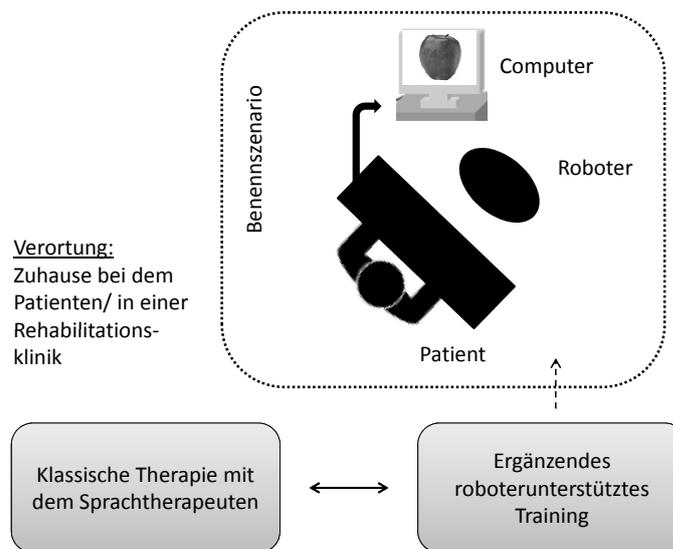


Abbildung 7.1: Darstellung einer möglichen roboterunterstützten Therapie mit einem Benennszenario. Dieses wird parallel zur konventionellen Therapie mit dem Sprachtherapeuten durchgeführt und findet zuhause oder in der Rehabilitationsklinik statt. Der Pfeil zwischen den beiden Therapieformen symbolisiert die Wechselwirkungen der beiden Therapieformen

unterstützend eingesetzt werden kann. Hierbei nahm der Roboter die Rolle des Moderators, Motivators und Feedbackgebers ein. Die Verbesserung der Benennleistung des Patienten ist ein Indiz dafür, dass die Intervention Erfolg hatte. Weiterhin sind die Aussagen des Patienten, dass die Interaktion mit dem Roboter Spaß gemacht hätte und er sich vorstellen könne, das roboterunterstützte Training zu wiederholen, ein wichtiger Hinweis darauf, dass der Roboter im Rahmen dieses Szenarios geeignet ist. Bereits in der Studie zur Einstellungsakzeptanz, die vor dem Benenntraining bei Aphasie durchgeführt wurde (s. Kapitel 6 bzw. Malchus et al., 2013 [196]), wiesen die Aussagen der Sprachtherapeuten darauf hin, dass sowohl ein Einsatz des Roboters bei Patienten mit Aphasie besonders geeignet ist, als auch die roboterunterstützte Durchführung von Benennübungen. Diese Einschätzung der Experten konnte durch die Funktionalitätsstudie bestätigt werden. In Abbildung 7.1 ist das roboterunterstützte Benenntraining, das als Ergänzung zur klassischen Therapie beispielsweise bei einem Patienten zuhause durchgeführt werden könnte, dargestellt.

Malchus et al. (2013) [196] (Kapitel 3.1) identifizierten außerdem Sprachverständnisübungen und Hörübungen als geeignete Formate roboterunterstützter Therapie aus Sicht der befragten Sprachtherapeuten. Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten, in welchem Rahmen Übungen zum Sprachverständnis durchgeführt werden können (s. z.B. Tesak, 2006 [289]). In einer Therapie bei Sprachentwicklungsstörungen können beispielsweise Wörter vorgesprochen werden, wobei das Kind in einem Bilderbuch den zugehörigen Gegenstand identifizieren muss. Zudem können beispielsweise von dem Therapeuten Sätze vorgelesen werden, zu deren Inhalt

das Kind im Anschluss daran Fragen beantworten muss. Ein mögliches Szenario für eine roboterunterstützte Sprachverständnisübung könnte wie folgt aussehen: Der Patient, Kind oder Erwachsener, sitzt an einem Tisch und hat mehrere Bildkarten vor sich liegen. Auf diesen sind bestimmte Alltagsobjekte dargestellt. Der Roboter ist mit den Abbildungen vertraut und benennt daher eine der Abbildungen. Auf Aufforderung des Roboters zeigt der Patient auf das entsprechende Bild, das der Roboter benannt hat. Mit Hilfe eines Kontrollsystems überprüft der Roboter, ob der Patient ihm die richtige Bildkarte zeigt. Dann gibt er dem Patienten verbales oder mimisches Feedback. Eine ähnliche Übung wurde bereits in einer unserer Studien zur *Wahrnehmung von und Interaktion mit sozialen Robotern bei ASS* (s. auch Kapitel 3.3) mit Personen mit ASS getestet (Damm et al., 2013 [67]). Dabei wurden die Studienteilnehmer an einen Tisch gesetzt, auf dem immer jeweils 2 Bildkarten lagen. Der dem Studienteilnehmer gegenüber sitzende Agent (Mensch/ Roboter) wies durch einen Blick auf eine der Bildkarten darauf hin, welche der beiden Karten vom Studienteilnehmer ausgewählt werden sollte. Bei dieser Studie ging es vorrangig um die Analyse des Blickverhaltens der Probanden mit ASS gegenüber dem Roboter. Dennoch zeigt die Studie, dass ein ähnliches Szenario gut mit dem Roboter Flobi umsetzbar war. Dies sollte bei der von mir vorgeschlagenen Sprachverständnisübung ebenso sein. Die Anforderungen an den Roboter in diesem Zusammenhang sind: ein Gedächtnissystem, in dem die auf den Bildkarten dargestellten Objekte gespeichert sind, eine Spracherkennung, bei der die Äußerungen des Patienten mit dem Begriff des Objektes abgeglichen werden können und ein Feedbacksystem, mit Hilfe dessen der Roboter verbal oder mimisch auf die Antwort des Patienten reagieren kann. Zudem benötigt er ein Sprachproduktionssystem, das ihm ermöglicht die Objekte zu benennen.

Eine roboterunterstützte Hörübung zur Förderung der auditiven Wahrnehmung, beispielsweise bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörung, könnte sich wie folgt gestalten: Der Patient sitzt in der Mitte des Raumes und schließt die Augen. Der Roboter bewegt sich (entweder autonom oder ferngesteuert) in eine Ecke des Raumes. Durch ein Geräusch oder eine Sprachäußerung macht er auf sich aufmerksam. Auch dies kann entweder autonom oder vom Sprachtherapeuten ferngesteuert erfolgen. Der Patient muss beurteilen, in welcher Ecke des Raumes sich der Roboter befindet. Notwendige Systemvoraussetzungen des Roboters sind für dieses Szenario zunächst eine freie Beweglichkeit im Raum. Inwieweit er sich dabei fortbewegt (auf Beinen oder auf Rädern), spielt dabei keine Rolle. Die Bewegungen sollten nur möglichst geräuscharm sein, damit der Patient nicht aufgrund der Bewegungsgeräusche auf den Aufenthaltsort des Roboters schließen kann. Der Roboter sollte außerdem über ein Sprachproduktionssystem verfügen oder mittels eines Geräusches auf sich aufmerksam machen können. Zudem wäre es von Vorteil, wenn er vom Therapeuten nonverbal angesteuert werden kann, so dass dieser bestimmen kann, wohin der Roboter geht und wann er das Geräusch von sich gibt. Das Ziel dieses roboterunterstützten Szenarios wäre die Förderung der Motivation der Kinder. Der Roboter böte eine Ergänzung des methodischen Repertoires des Therapeuten, das es ihm ermöglicht Abwechslung in die Therapie zu bringen und so die Konzentration zu fördern. Diese Ziele wurden u.a. in der Studie von Malchus et al. (2013) [196] bzw. in Kapitel 3.1 als Funktionen eines Roboters für die Sprachtherapie identifiziert.

Die Beispiele machen deutlich, dass für die einzelnen Szenarien unterschiedliche Anforderungen an den Roboter gestellt werden. Während der Roboter bei Sprachverständnisübungen und Benennübungen höhere verbale und mimische Fähigkeiten benötigt, sich jedoch nicht

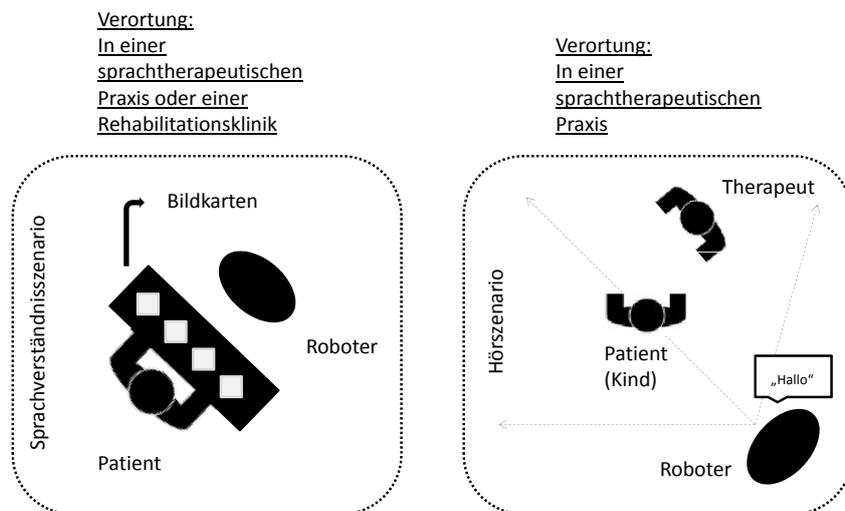


Abbildung 7.2: Überblick über zwei weitere Szenarien, bei denen ein Roboter in der Sprachtherapie eingesetzt werden könnte. Dargestellt sind ein Sprachverständnisszenario links und ein Hörszenario rechts. Die grauen gestrichelten Pfeile im Hörszenario stehen für die möglichen Bewegungsrichtungen des Roboters. Eine Erklärung der Szenarien ist im Text erläutert.

bewegen muss, wären für einen Einsatz des Roboters bei Hörübungen motorische Fähigkeiten, sowie geringfügige verbale Fähigkeiten ausreichend. In Bezug auf unterschiedliche robotische Systeme erscheint der Roboter Flobi für die ersten beiden Szenarien geeignet zu sein. In diesen bzw. ähnlichen Szenarien wurde er bereits erfolgreich getestet (s. Kapitel 3.3 bzw. Damm et al. (2013) [67] und Kapitel 6) Für das Hörszenario ist der Roboter Flobi jedoch, da er sich nicht fortbewegen kann, ungeeignet. Hier könnten zum Beispiel die Roboter Cosmobot oder Nao (s. Kapitel 2.3) eingesetzt und getestet werden. Eine graphische Darstellung der Szenarien zur Verbesserung des Sprachverständnisses und der auditiven Wahrnehmung ist der Abbildung 7.2 zu entnehmen.

Der Ansatz von Mubin und Al Mahmud (2008) [213] erscheint ebenfalls vielversprechend. Diese plädieren dafür, Aphasiker mit Hilfe eines Roboters zu ermutigen mehr zu kommunizieren und dadurch ihre Fähigkeit Geschichten zu erzählen zu trainieren. Die befragten Sprachtherapeuten in der Studie von Malchus et al. (2013) [196] halten eine roboterunterstützte Übung zum Geschichten erzählen jedoch nur für gering geeignet. Nichtsdestotrotz könnte ein entsprechender Roboter beispielsweise bei Patienten mit Restaphasie eingesetzt werden, bei denen nur noch minimale kommunikative und sprachliche Einschränkungen vorhanden sind und denen es helfen könnte, zuhause einen robotischen Gesprächspartner zu haben, mit dem an der Kommunikation gearbeitet werden kann. Gerade diese Patientengruppe, die sich im chronischen Stadium befindet, schon lange Therapie erhält und eher subtile sprachliche Einschränkungen aufweist (s. Jaecks, 2006 [152], Jaecks, 2014 [153]), könnte von einer zusätzlichen Therapiekomponente profitieren.

Zusammengefasst verdeutlichen die Ergebnisse, dass insbesondere ein roboterunterstütztes Benenntraining bei Aphasie ein geeignetes Szenario für die roboterunterstützte Sprachtherapie ist. Erfolgsversprechend erscheinen zudem Szenarien zum Einsatz eines Roboters bei Sprachverständnisübungen oder bei Hörübungen u.a. mit Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen.

Bei welchen Störungsbildern ist der Einsatz eines Roboters sinnvoll?

Ein Ergebnis der Studie zur Einstellungsakzeptanz von Sprachtherapeuten gegenüber einem Robotereinsatz in der Therapie (s. Kapitel 3.1) bestand darin, dass diese insbesondere einen Einsatz bei Patienten mit Aphasie als sinnvoll erachtet (s. auch Malchus et al., 2013 [196]). Vorstellbar wäre für die befragten Therapeuten weiterhin ein Einsatz des Roboters im Bereich der Sprachentwicklungsstörungen. Mögliche Szenarien, sowohl bei Patienten mit Aphasie, als auch bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörung wurden im vorherigen Absatz beschrieben. Den Einsatz eines Roboters bei Stimmstörungen können sich die wenigsten der befragten Sprachtherapeuten vorstellen. Dies liegt möglicherweise daran, dass in der Stimmtherapie häufig an der Atmung gearbeitet wird. Ein Roboter kann hierbei nicht als Vorbild dienen. Zudem gestaltet sich ein Feedback in Hinblick auf eine korrekte Atmung schwierig. Ein Therapeut fühlt häufig mit der Hand, ob ein Patient korrekt ein- und ausatmet und bietet taktile Unterstützung. Dies kann ein Roboter nicht leisten. Ebenso ist für die befragten Therapeuten ein Einsatz von Robotern bei Lese- und Rechtschreibstörungen schwer vorstellbar. In diesem Zusammenhang wurde jedoch bereits ein Roboter entwickelt, der entwicklungsverzögerte Kinder beim Lesen von Geschichten unterstützen und motivieren soll (s. Patel et al., 2012 [226]). Interessanterweise können sich die Studienteilnehmer auch eine roboterunterstützte Therapie bei Autismus-Spektrum-Störung schwer vorstellen. Dabei zeigt die Literatur (Pioggia et al., 2005 [232]; Robins et al., 2006 [250]; Simut et al., 2012 [272]; Tapus et al., 2012 [287]; van der Perre et al., 2012 [79]), dass der Einsatz von Robotern bei ASS äußerst vielversprechend ist. Zur Begründung sei an dieser Stelle auf Kapitel 2.4 verwiesen. Zwar zeigt die Studie zu den Einstellungen von Personen mit ASS (Kapitel 3), dass die Teilnehmer der Studie keine andere Einstellung hinsichtlich einer sozialen Interaktion mit Robotern haben als Personen ohne ASS. Dies ist jedoch kein Grund, der gegen einen Robotereinsatz in der Therapie von ASS spricht. Wir konnten bei der selben Patientengruppe in unserer Studie zum Blickverhalten von Personen mit Autismus-Spektrum-Störung gegenüber Robotern (Damm et al., 2013 [67]) zeigen, dass die Verhaltensakzeptanz der Patienten mit ASS dem Roboter gegenüber hoch ist. Die Patienten schauten dem Roboter signifikant häufiger ins Gesicht als dem menschlichen Interaktionspartner (vgl. Damm et al., 2013 [67]). Dies kann insbesondere dabei helfen, kommunikationsrelevante und emotionale Signale wahrzunehmen. Möglicherweise kann dadurch das Erkennen von Emotionsausdrücken in der Therapie trainiert werden (s. Kapitel 4). Basierend auf diesen Ergebnissen, halte ich einen Einsatz von Robotern in der Therapie von Patienten mit ASS ebenfalls für geeignet. Ob ein Robotereinsatz auch bei anderen Patientengruppen mit sprachtherapeutischem Behandlungsbedarf sinnvoll und umsetzbar ist, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Ist eine roboter-unterstützte Therapie effektiv?

Die Effektivität einer Therapiemethode ist entscheidend dafür, ob sie im Rahmen einer Therapie angewandt wird (s. Wehmeyer, Grötzbach, & Schneider, 2014 [315]). Unter Effektivität

wird in diesem Zusammenhang die klinische Wirksamkeit der Therapiemethode verstanden (s. Wehmeyer et al., 2014, S. 254 [315]). Hinweise darauf, dass eine roboterunterstützte Therapie effektiv ist, liefert die Studie, die in Kapitel 6 vorgestellt wurde. Mit dieser Studie wurde überprüft, ob sich die Benennleistung eines Patienten mit amnestischer Aphasie im chronischen Stadium durch ein roboterunterstütztes Benenningstraining verbessern lässt. Die Studie erlaubt keine Aussagen darüber, inwieweit die Intervention besser oder schlechter ist, als wenn ein Therapeut sie durchführt. Sie erlaubt auch keine Aussagen darüber, ob die Therapie nicht vielleicht ohne den Roboter genauso erfolgreich gewesen wäre. Es lässt sich jedoch sagen, dass dieses Szenario mit dem Roboter Flobi, so wie es stattgefunden hat, erfolgreich war. Dabei misst sich der Erfolg an einer Verbesserung der Benennleistung des Patienten. Diese Leistungsverbesserung war auch nach einigen Monaten noch stabil beobachtbar. Ergänzend misst sich der Erfolg des roboterunterstützten Benenningstrainings zudem an der positiven Beurteilung des Patienten. Dieser hat die roboterunterstützte Intervention als angenehm empfunden und äußerte sich, dass er ein solches Training erneut durchführen würde. Die Ergebnisse stehen im Einklang mit denen von Choe et al. (2013) [57], die in ihrer Studie den Einsatz eines humanoiden Roboters bei einer sprachtherapeutischen und physiotherapeutischen Behandlung eines Patienten mit Aphasie getestet haben. Zwar berichten diese hauptsächlich die Ergebnisse der multidisziplinären Behandlung und nicht zum Einfluss des Roboters, sie plädieren jedoch dafür, dass ein Roboter erfolgreich in der Aphasitherapie eingesetzt werden kann.

Weitere Hinweise auf einen positiven Einfluss eines Roboters auf Leistungsverbesserungen liefern die Ergebnisse der Durchführung einer Gedächtnisaufgabe (s. Kapitel 5 sowie Malchus et al., 2013 [196]). Hier wurde überprüft, ob es Unterschiede im Erinnerungsvermögen der Probanden in Hinblick auf den Agenten, der vorab eine Geschichte erzählte, gibt (Roboter versus Mensch). Resultat der Studie war, dass die Studienteilnehmer, bei denen der Roboter Flobi (bzw. seine virtuelle Version) die Geschichte erzählte, eine bessere Erinnerungsleistung zeigten im Vergleich zu der Gruppe mit dem menschlichen Geschichtenerzähler. In diesem Zusammenhang wurde in Kapitel 5 bereits über eine mögliche gesteigerte Aufmerksamkeit der Studienteilnehmer in der Bedingung *Roboter* diskutiert, die gegebenenfalls darauf beruht, dass der Roboter etwas Neues und Interessantes darstellt. Diesen Effekt kann man sich im sprachtherapeutischen Kontext zu Nutze machen. Darüber hinaus kann man den *social facilitation* Effekt in der roboterunterstützten Sprachtherapie nutzen (z.B. Feinberg & Aiello, 2006 [105]; Triplett, 1898 [296]; Zajonc & Sales, 1966 [329]). Riether et al. (2012) [247] konnten zeigen, dass allein die Anwesenheit eines Roboters bei einer einfachen Aufgabe eine motivationsfördernde Wirkung haben kann. Zudem waren die Leistungen der Studienteilnehmer bei einer einfachen kognitiven und motorischen Aufgabe besser im Vergleich zu einer Situation bei der die Probanden alleine im Raum waren. Dieser Effekt könnte beispielsweise bei der roboterunterstützten Durchführung sprachtherapeutischer Übungen zuhause bei einem Patienten zum Tragen kommen. Es könnte dazu führen, dass der Patient seine Übungen konzentrierter, motivierter und dadurch auch effektiver durchführt.

Zusammengefasst weisen die Ergebnisse der hier dargestellten Studien darauf hin, dass eine roboterunterstützte Sprachtherapie effektiv sein kann. Sowohl die Ergebnisse der Befragungen, als auch die Ergebnisse der experimentellen Studien aus Kapitel 5 und 6, verdeutlichen, dass robotische Systeme einen hohen Nutzen für die Sprachtherapie bedeuten können. Im Folgenden wird auf das emotionale Verhalten eines Roboters in der Sprachtherapie

eingegangen, das u.a. einen Einfluss auf die Effektivität der Sprachtherapie haben kann.

7.3 Emotionales Verhalten von Robotern in der Sprachtherapie

Der Stellenwert eines emotional agierenden Roboters im Kontext der Sprachtherapie wurde bereits mehrfach betont. Nicht nur, dass die Kommunikation von Emotionen eine große Rolle im Rahmen der Sprachtherapie spielt (s. Malchus et al., 2012 [197]; Thiele et al., 2012 [293]), es konnten auch Hinweise darauf gefunden werden, dass ein emotional agierender Roboter als positiver wahrgenommen wird als ein neutral agierender Roboter (Hegel et al., 2006 [133]). In Kapitel 2 wurden emotionale Kompetenzen eines Roboters identifiziert, die im Rahmen einer Sprachtherapie wichtig sein können. Hier wurden, basierend auf den Standards von Homburg und Lüdtko (2003) [146] einige emotionale Kompetenzen, wie beispielsweise die emotionale Responsivität, beschrieben. Als Ausgangslage zur Identifikation wichtiger emotionaler Kompetenzen von Robotern dienten u.a. die Studien von Liu et al. (2008) [184], Leite et al. (2012) [177], Leite et al. (2013) [178], Mubin und Al Mahmud (2008) [213] und Pioggia et al. (2005) [232]. Zudem wiesen Heerink et al. (2010) [129] darauf hin, dass ein Roboter im Gesundheitswesen (emotional) anpassungsfähig sein sollte. Der Stellenwert der Konstruktion dieser emotionalen Verhaltensweisen, ebenso wie die Fähigkeit mit unterschiedlichen emotionalen Feedbackmechanismen reagieren zu können, wurde z.T. in zwei Studien dieser Dissertation (Kapitel 5 und 6) überprüft. In diesem Abschnitt wird daher näher auf die untersuchten Fragen eingegangen, welche Rolle emotionale Kongruenz im Rahmen einer roboterunterstützten Sprachtherapie spielt, welche emotionalen Reaktionen des Roboters sinnvoll im Sinne einer effektiven Behandlung sind (*Mimikry* oder *konzeptuell*) und ob sich ein Roboter *emotional fehlerfrei* verhalten muss, damit eine Therapie erfolgreich ist. Die Ergebnisse der Studien aus Kapitel 5 und 6 bilden dabei die Diskussionsgrundlage.

Welche Rolle spielt emotionale Kongruenz in der roboterunterstützten Sprachtherapie?

Emotionale Kongruenz hat einen positiven Einfluss auf die Verarbeitung emotionaler Informationen (z.B. Morelli et al., 2012 [209]; Müller et al., 2014 [216]). Emotionale Inkongruenz hingegen kann zu Schwierigkeiten respektive Verzögerungen bei der Verarbeitung emotionaler Informationen führen. Dies konnte in einigen Studien mit Hilfe unterschiedlicher Methoden (wie Reaktionszeitmessungen, EEG, EMG oder fMRT) nachgewiesen werden (s. Arai et al., 2011 [6]; Clayson & Larsson, 2013 [59]; Dolan et al., 2001 [87]; Durso et al., 2012 [89]; Kreifelts et al., 2007 [171]; Watson et al., 2013 [313]). Hinsichtlich verschiedener Patientengruppen konnte gezeigt werden, dass insbesondere Patienten mit Schizophrenie, Patienten mit Autismus-Spektrum-Störung und Patienten mit Aphasie von einer emotionalen Kongruenz profitieren können (Müller et al., 2014 [216]; Seron et al., 1982 [269]; Stewart et al., 2013 [279]; Tell et al., 2014 [288]). Generell stellt eine Kongruenz im Ausdrucksverhalten eine wichtige Kompetenz eines Therapeuten dar (Eckert, 2006 [91]; Rogers, 1977 [256]).

Eine Studie zur emotionalen Kongruenz bei einem nicht-menschlichen Agenten stammt von Mower et al. (2008) [212]. Die Autoren untersuchten, wie die emotionale Bewertung der Studienteilnehmer auf kongruenten und im Konflikt stehenden emotionalen Ausdrücke eines

virtuellen Agenten vorgenommen wurde. Der Konflikt wurde produziert, indem der virtuelle Agent beispielsweise einen freudigen Gesichtsausdruck zeigte und dabei mit einer ärgerlichen Stimme sprach. Die Ergebnisse zeigen, dass kongruente Informationen, die durch zwei Modalitäten ausgedrückt wurden, in der Kombination zu besseren Erkennungsleistungen führten, als der Ausdruck in nur einer Modalität. Eine Inkongruenz führte hingegen zu einer Präferenz des vokalen Ausdrucks. Die Autoren vermuten, dass dies an den geringer ausgeprägten emotionalen Gesichtsausdrücken des virtuellen Agenten liegt. In der Studie zur emotionalen Inkongruenz, die in Kapitel 5 dargestellt wird, zeigt sich, dass die fazialen Reaktionen auf einen Roboter geringer ausfallen als auf einen Menschen. Die Vermutung liegt nahe, dass dies ebenfalls an den geringer ausgeprägten Gesichtsausdrücken des Roboters liegt. Reduzierte Reaktionen konnte bereits Riether (2013) [246] in ihrer Studie zur fazialen *Mimikry* auf robotische Ausdrücke nachweisen, ebenso wie Rosenthal-von der Pütten et al. (2013) [257]. An dieser Stelle wird daher lediglich auf die Bedeutung dieser Studienergebnisse in Hinblick auf emotional kongruentes Verhalten eines Roboters in der Sprachtherapie eingegangen. Hierbei gelten andere Voraussetzungen als in der Interaktion zwischen einer gesunden Person und einem Roboter (s. Kapitel 2.2). Nicht nur, dass die Interaktionspartner des Roboters Patienten sind, die Schwierigkeiten in den Bereichen Sprache, Kommunikation und Emotion aufweisen können; die Interaktion mit dem Roboter zielt darauf ab, dem Patienten eine Rehabilitation und eine Förderung der sprachlichen und kommunikativen Fähigkeiten zu ermöglichen. Den Therapieerfolg hemmende Faktoren (wie ihn beispielsweise eine Inkongruenz im Verhalten darstellten kann) sollten daher weitestgehend ausgeschlossen werden. Interessant ist, dass in der Studie aus Kapitel 5 die emotionale Inkongruenz keinen Einfluss auf die Gedächtnisleistung hatte, auf die fazialen Reaktionen der Testpersonen dagegen schon. Ein möglicher Erklärungsansatz liegt darin, dass die Messung der Gedächtnisleistung zu unspezifisch und niedrig schwellig war, als dass ein Einfluss der Inkongruenz auf diese messbar gewesen wäre. Möglicherweise hätte die Wahl eines spezifischeren Messinstruments zu anderen Ergebnissen geführt. Zudem sind die Mechanismen hinter den fazialen Reaktionen auf die emotionalen Ausdrücke nicht genau geklärt. Es ist offen, inwieweit die Irritation der Probanden, die sich in den fazialen Reaktionen auf die emotionale Inkongruenz des Roboters widerspiegelt hat, zu Veränderungen in der Wahrnehmung des Roboters, der Sympathie ihm gegenüber und damit einhergehend zu einer veränderten Probanden-Roboter-Beziehung geführt hat. Diese Aspekte wurden im Rahmen dieser Studie nicht überprüft. Es kann jedoch auf die Studie von Cramer et al. (2010) [64] verwiesen werden, die zeigen konnten, dass eine Inkongruenz zwischen dem empathischen Verhalten eines Roboters und dem affektiven Zustand eines Studienteilnehmers zu einer Abnahme im Vertrauen führte. Die Frage ist, was bedeuten diese Ergebnisse für die RST? Eine gute Therapeuten-Patienten Beziehung und somit eine gute Roboter-Patienten Beziehung ist für eine erfolgreiche Sprachtherapie unentbehrlich (vgl. Lüdtke, 2004 [188]). Kommt es hier zu einer Störung auf der Beziehungsebene, kann dies den Erfolg der sprachtherapeutischen Intervention beeinträchtigen (Homburg & Lüdtke, 2003 [146]). Die durch die emotionale Inkongruenz hervorgerufene Irritation kann als Störfaktor auf der Beziehungsebene gesehen werden. Sofern die Aussagen von Homburg und Lüdtke (2003) [146] auch auf die roboterunterstützte Therapie zutreffen, könnte die emotionale Inkongruenz den Therapieerfolg negativ beeinflussen. Um dies zu vermeiden, ist die Konstruktion eines emotional kongruent agierenden Roboters zu empfehlen. Zudem konnten Seron et al. (1982) [269] zeigen, dass Aphasiker durch eine emotionale Inkongruenz zwischen dem semantischen Inhalt und der begleitenden Prosodie in ihren Leistungen beeinträchtigt waren. Ergänzend gibt es Evidenz dafür, beispielsweise von Mower et al. (2008) [212], dass ein emotional kongruenter Ausdruck in zwei Modalitäten zu besseren

Erkennungsleistungen führt, als ein Emotionsausdruck, der nur unimodal dargeboten wird. Kongruenz und Multimodalität ist daher als ein Mehrgewinn zu beurteilen, insbesondere bei Patienten mit sprachlichen Einschränkungen, die ggf. darauf angewiesen sind, auf andere Modalitäten zurückzugreifen, um eine ausgesendete Information korrekt zu enkodieren.

Eine interpersonelle emotionale Kongruenz spielt darüber hinaus im Rahmen eines Feedbackprozesses eine Rolle. Inwieweit dabei die Form des Feedbackmechanismus einen Einfluss auf die Leistungen eines Patienten in der roboterunterstützten Sprachtherapie hat, wird im nächsten Abschnitt diskutiert werden.

Welche Rolle spielen emotionale Alignmentmechanismen wie Mimikry oder eine konzeptuelle Adaptation?

Feedback ist zentraler Bestandteil sprachtherapeutischen Handelns (Schmidt et al., 2014 [265]). Es dient nicht nur dazu, dem Patienten zu vermitteln ob dieser eine Übung erfolgreich absolviert hat, sondern erfüllt ebenfalls die Funktion den Patienten zu motivieren, zu ermutigen, aufzumuntern und eine positive Patient-Therapeuten Beziehung herzustellen (s. Homburg & Lüttke, 2003 [146]; Schmidt et al., 2014 [265]). Emotionales Feedback kann auf unterschiedliche Arten gegeben werden. Es kann durch eine sprachliche Äußerung des Therapeuten erfolgen oder durch eine mimische Reaktion, wie beispielsweise ein Lächeln. Einer der Mechanismen, die die Grundlage des Feedbacks in einer Interaktion sind, ist faziale *Mimikry* (z.B. Hess & Blairy, 2001 [135]; McIntosh, 1996 [200]; Niedenthal et al., 2001 [219]; Likowski et al., 2008 [183]; Stel et al., 2008 [278]). Die auf diesem Mechanismus beruhende Reaktion wird zumeist nicht bewusst wahrgenommen, beeinflusst jedoch die Wahrnehmung des Gegenüber und damit einhergehend die Beziehung zu diesem (z.B. Walbott, 1995 [312]). *Mimikry* ist ein Mechanismus, der dazu führen kann, ein prosoziales Verhalten zwischen Interaktionspartnern, wie Patienten und Therapeuten, zu fördern (vgl. Chartrand & Lakin, 2013 [52]). Doch auch konzeptuelle, empathische Reaktionen können die Beziehung zwischen Therapeut und Patient, sowie das Therapieziel positiv beeinflussen (Truax et al., 1966 [297]).

In der Funktionalitätsstudie (Kapitel 6) wurden die Bedingungen *Mimikry* und *konzeptuelle Reaktion* miteinander verglichen. Der Roboter Flobi drückte diese gegenüber einem Patienten mit Aphasie in einem Benenningstraining aus und gab ihm dadurch emotionales Feedback. Die beiden Bedingungen entsprechen der unteren und der oberen Ebene des *Computermodells des Emotionalen Alignment* von Damm et al. (2012) [68]. Sie stehen beide für emotionale Anpassungsprozesse im Rahmen einer Interaktion, wobei über die untere Ebene eine eher automatische Reaktion im Sinne einer Kopie des Ausdrucks des Gegenüber generiert werden kann. Die konzeptuelle Reaktion hingegen bezieht die Kontextfaktoren, wie die Anzahl bereits erfolgter Sitzungen oder die Ergebnisse dieser Sitzungen, in einem stärkeren Maß mit ein. Da es sich bei der hier vorgestellten Studie jedoch um eine Wizard of Oz - Studie handelte, wurden die Kontextfaktoren zunächst nicht weiter berücksichtigt. Die Ergebnisse des in der Studie evaluierten roboterunterstützten Benenningstrainings zeigen jedoch, dass es, in Hinblick auf die sprachlichen Verbesserungen des Patienten irrelevant ist, ob der Roboter mit *Mimikry* oder *konzeptuell* reagiert. In beiden Bedingungen kam es zu signifikanten Verbesserungen nach der Intervention im Vergleich zu vor der Intervention. Die Bedingungen *Mimikry* und *konzeptuell* unterschieden sich im Nachtest nicht signifikant voneinander. Dieses

Ergebnis kann als Ergänzung zu Studien z.B. von Hegel et al. (2006) [133] gesehen werden, die zeigen, dass ein emotional interagierender Roboter als angenehmer wahrgenommen wird im Vergleich zu einem neutral interagierenden Roboter. Es kann nun hinzugefügt werden, dass die Mechanismen mit deren Hilfe sich der Roboter emotional an den Interaktionspartner anpasst, im Rahmen einer Patient-Roboter-Interaktion scheinbar nicht bedeutsam sind (s. Kapitel 6). Andererseits konnte mit der Studie von Damm und Wrede (2014) [69] nachgewiesen werden, dass das Zeigen strategischer emotionaler Alignmentreaktionen (konzeptuelle Reaktionen) besonders positive Auswirkungen auf die Motivation der Interaktionspartner des Roboters hat. Hier wurden im Rahmen einer Evaluationsstudie die unterschiedlichen Ebenen des Computermodell des Emotionalen Alignment (Damm et al., 2012 [68]) mit einem autonom agierenden Roboter überprüft. Der Einfluss der unterschiedlichen Ebenen auf die Motivation des Patienten wurde in der Studie zum Benenningstraining nicht überprüft. Dieses Ergebnis von Damm und Wrede (2014) [69] spricht jedoch dafür, dass eine konzeptuelle Reaktion des Roboters ggf. auch im Rahmen einer Therapie sinnvoller ist als eine Reaktion mit *Mimikry*. Schließlich wird der Roboter dort u.a. mit der Funktion, die Motivation des Patienten zu erhöhen, eingesetzt. Inwieweit durch die konzeptuellen Reaktionen im Rahmen einer Roboter-Patienten Interaktion (wie z.B. in dem Benennszenario) eine höhere Motivation erzielt werden kann, müssen weitere Studien zeigen. Im nächsten Abschnitt dieser Diskussion wird zunächst thematisiert werden, ob ein fehlerhaftes bzw. ein unangemessenes Feedback des Roboters einen Einfluss auf die Leistungsverbesserungen im Rahmen einer sprachtherapeutischen Intervention hat.

Muss ein Roboter im Rahmen der Sprachtherapie ein emotional fehlerfreies Verhalten zeigen?

Zur Beantwortung dieser Frage muss nicht nur auf den Einfluss der Fehlerrate auf die sprachlichen Leistungen eines Patienten, dessen Wohlbefinden sowie die Möglichkeiten und Grenzen der robotischen Systeme eingegangen werden, sondern auch auf ethische Aspekte. Unumstritten steht bei einem Einsatz eines Roboters in der Therapie das Wohl des Patienten an erster Stelle (s. Becker et al., 2013 [19]). Dies ist der Antrieb und das Ziel aller konzeptuellen Planungen zur Entwicklung eines Roboters in diesem Kontext oder sollte es zumindest sein. Äußerungen zu ethischen Bedenken betreffen nicht nur die Robotereinsätze in der Therapie und im Gesundheitswesen, sondern werden auch generell hinsichtlich der Einführung von Robotern in die Gesellschaft geäußert, wobei besonders die Konstruktion emotionaler Ausdrücke beim Roboter Gegenstand der Diskussion ist (s. Weber, 2009 [314]; Asaro, 2006 [7]). Klare Regularien hinsichtlich der Ethik in der Robotik wären hilfreich, um Kritikern und Befürwortern eine Grundlage zur Diskussion zu bieten. Allein die Frage, ob ein Roboter im Rahmen einer Therapie emotional fehlerfrei agieren muss, kann bei Gegnern der Robotik Anstoß erregen. Aus Sicht der Informatik ist es jedoch relevant sich mit dieser Frage zu beschäftigen, da ein einhundertprozent fehlerfrei laufendes System momentan in vielen Fällen utopisch erscheint. Dass ein Roboter in einer Therapie helfen kann (unabhängig fehlerhafter Verhaltensweisen), wurde in zahlreichen Studien gezeigt. Auch oder gerade weil der Roboter teilweise sozial oder emotional reagieren konnte (z.B. Simut et al., 2012 [272]). Mit der Funktionalitätsstudie zum Benenningstraining bei Aphasie (Kapitel 6) konnte ebenfalls gezeigt werden, dass der Einsatz eines Roboters, der emotionale Reaktionen zeigt, positiv verlief. In diesem Rahmen wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluss ein fehlerhaftes emotionales Feedback auf die Leistungsverbesserungen des Patienten hat. Das interessante Ergebnis der Studie lautet, dass Leistungsverbesserungen sogar bei

einem 100 Prozent unangemessenen emotionalen Feedback (Roboter reagierte immer mit einem negativen fazialen Ausdruck) erzielt werden konnten. Dieses Ergebnis überrascht, gerade, weil ein unpassendes emotionales Verhalten des Roboters zu Irritationen führt (s. Kapitel 5). Die Benennleistung, gemessen an der Anzahl korrekter Benennungen nach Abschluss der Intervention, war weder im ersten noch im zweiten Nachtest aufgeteilt nach den verschiedenen Fehlerraten (100 Prozent falsch, 75 Prozent falsch und 25 Prozent falsch) signifikant unterschiedlich. Anders formuliert, die Fehlerrate im emotionalen Feedback hatte keinen Einfluss auf die Verbesserungen der Benennleistung des Patienten mit Aphasie. Dieses Ergebnis sollte selbstverständlich nicht als Anlass genommen werden, einem Roboter emotional fehlerhaftes Verhalten einzuprogrammieren. Natürlich sollte es das Ziel sein, einen emotional adäquat agierenden Roboter zu konstruieren, damit dieser ein angemessenes Feedback leisten kann und dadurch zu einem positiven Therapieoutcome beiträgt. Insbesondere, da dieses Ergebnis Resultat einer Einzelfallstudie ist und nicht zwangsläufig repräsentativ für alle Patienten mit Aphasie. Dennoch ist das Ergebnis der Studie spannend und gibt Anlass zu überdenken, welchen Stellenwert emotionales Feedback tatsächlich in der Kommunikation (insbesondere der Mensch-Roboter Interaktion) einnimmt. Möglicherweise spielen emotionale faziale Rückmeldungen eine untergeordnete Rolle in der Mensch-Agenten Interaktion. Hinweise dafür sind bei Mower et al. (2008) [212] zu finden, sowie in den Studien aus Kapitel 4, 5 und 6. Zudem zeigen bereits die Studien u.a. von Krach et al. (2008) [167], Rosenthal-von der Pütten et al. (2013) [257] und Riether (2013) [246], dass Reaktionen auf Roboter geringer ausfallen als Reaktionen auf einen Menschen. Nur die Ergebnisse der Messungen mit dem EMG ergaben, dass emotionale Inkongruenz entscheidenden Einfluss auf die fazialen Reaktionen der Interaktionspartner hatte und dies wesentlich stärker in der robotischen Bedingung. Eventuell könnte dies bedeuten, dass in der Mensch-Roboter Interaktion zwar stärker auf den Roboter geachtet und emotional unangemessenes Verhalten eher registriert wird als in der Mensch-Mensch Interaktion, es im gleichen Zuge aber auch stärker toleriert wird. Gründe hierfür liegen in der artifiziellen Gestalt eines Roboters, der weniger variabel und intensiv in seinem Ausdrucksverhalten ist und dadurch ausreichend menschenunähnlich (z.B. Mower et al., 2008 [212]).

Zusammengefasst werden die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse als Empfehlungen zur Konstruktion eines Roboters für die Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen im folgenden Abschnitt komprimiert dargestellt.

8 Empfehlung zur Konstruktion eines Roboters für die Sprachtherapie

Die in diesem Kapitel dargestellten Empfehlungen zur Konstruktion betreffen das äußere Erscheinungsbild des Roboters und seine kommunikativen und emotionalen Verhaltensweisen. Mit Konstruktion ist an dieser Stelle die (Weiter-)entwicklung der benötigten Hard- und Software gemeint. Darüber hinaus werden Empfehlungen ausgesprochen, bei welchen Störungsbildern der Einsatz eines Roboters sinnvoll erscheint und welche sprachtherapeutischen Übungen geeignete Szenarien für eine Mensch- Roboter Interaktion sind. Die in diesem Abschnitt ausgesprochenen Empfehlungen basieren auf den Ansprüchen und Erwartungen an Roboter in der Sprachtherapie von Seiten des Fachpersonals (Sprachtherapeuten) (s. Kapitel 3.1) und der nicht professionellen Anwender (hier: neurologische Patienten mit sprachtherapeutischem Behandlungsbedarf, s. Kapitel 3.2 und Patienten mit ASS, s. Kapitel 3.3). Darüber hinaus werden die im angepassten Computermodell aufgeführten Kompetenzen (s. Kapitel 2.7) und die Ergebnisse der in dieser Arbeit vorgestellten experimentellen Studien der Kapitel 4, 5 und 6 berücksichtigt. Diese Ergebnisse, die als Basis zur Aussprache der Empfehlung dienen, wurden bereits im vorherigen Kapitel (Kapitel 7) diskutiert. Aus Gründen der Redundanz werden die Empfehlungen in diesem Kapitel daher nur kurz begründet und an passender Stelle auf die entsprechenden Abschnitte dieser Arbeit verwiesen.

Die Empfehlungen sind auf das Ziel ausgerichtet, einen autonomen Roboter zu konstruieren, der in der Lage ist mit dem Patienten einen natürlichen Dialog zu führen. Dies ist ein hoch gegriffenes Ziel. Es ist denkbar, dass durchaus auch weniger komplexe robotische Systeme für spezifische Aspekte der Therapie eingesetzt werden können. Studien (u.a. Kozima, Nakagawa, & Yasuda, 2005 [166]) konnten zeigen, dass auch Systeme mit geringeren kommunikativen und emotionalen Fähigkeiten bei der Therapie von ASS erfolgreich eingesetzt werden können. Ebenso zeigte die in Kapitel 6 aufgeführte Studie, dass ein vereinfachtes roboterunterstütztes Benenntraining effektiv sein kann. Roboter müssen somit nicht zwangsläufig über eine umfassende emotionale und kommunikative Kompetenz verfügen. Insbesondere das in Kapitel 7 vorgeschlagene Hörszenario, das jedoch noch nicht getestet ist, erfordert vom Roboter keine komplexen sprachlichen Fähigkeiten. Allerdings erscheint eine flexibles, kommunikativ hochqualitatives robotisches System als vielversprechende Zukunftsvision, die zumindest als langfristiges Ziel ins Auge gefasst werden sollte. Ein solches System würde dem Wunsch der professionellen und nicht-professionellen Nutzer nach einem flexiblen System mit hohen sprachlichen Fähigkeiten entsprechen (s. Malchus et al., 2013 [196], Rieke, 2013 [245]). Das Ziel der RST, dem Patienten bei seiner Rehabilitation bzw. der Förderung sprachlicher Fähigkeiten unterstützend zur Seite zu stehen (s. 2.1), sollte bei der Konstruktion im Fokus stehen. Ebenso sollte bei der Konstruktion das Kosten-Nutzen-Verhältnis angemessen berücksichtigt werden. Dieses kann durchaus zu Limitationen im Verhalten des Roboters führen.

8.1 Einsatz bei Sprach- und Kommunikationsstörungen

Im Rahmen der Studie von Malchus et al. (2013) [196] wurden 153 Sprachtherapeuten befragt, bei welchen Störungsbildern der Einsatz eines Roboters in der Therapie, aus ihrer Sicht, sowohl möglich, als auch förderlich wäre. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass ein Roboter insbesondere bei Patienten mit Aphasie sinnvoll ist (s. Kapitel 3.1). Patienten mit Aphasie äußerten sich gegenüber einem Einsatz von Robotern in der Therapie ebenfalls positiv (s. Rieke, 2013 [245]; Kapitel 3.2; Kapitel 6). Die Literatur zeigt zudem, dass der Einsatz eines Roboters im Rahmen einer Therapie von Personen mit ASS förderlich ist (z.B. Dautenhahn & Billard, 2002 [71]; de Perre et al., 2012 [79]; Patel et al., 2012 [226]; Robins et al., 2005 [254], Simut et al., 2012 [272]). Bei beiden Störungsbildern kann der Roboter einen Mehrwert in der Therapie darstellen und dazu führen, dass sich die sprachlichen und kommunikativen Einschränkungen der Patienten schneller oder in stärkerem Ausmaß zurückbilden. Daher kann als Empfehlung ausgesprochen werden:

Ein Roboter kann zur Förderung der sprachlichen und kommunikativen Fähigkeiten von Personen mit Aphasie und Autismus Spektrum-Störung eingesetzt werden.

8.2 Roboterunterstützte Übungen

In der Studie von Malchus et al. (2013) [196] konnten weiterhin Übungen identifiziert werden, die, aus Sicht der Sprachtherapeuten, für eine Roboterunterstützung geeignet sind. Die in der Befragung am häufigsten ausgewählten Übungen waren Benennübungen, Sprachverständnisübungen und Hörübungen. Mögliche roboterunterstützte Szenarien, die diesen Übungen entsprechen, wurden in der Diskussion (Kapitel 7) erläutert. Das Benennszenario wurde bereits getestet und in Kapitel 6 näher vorgestellt. Die roboterunterstützte Benennübung stellte sich in diesem Zusammenhang als realisierbar und erfolgreich heraus. Daher kann als Empfehlung ausgesprochen werden:

Geeignete Übungsformate, im Rahmen einer Sprachtherapie, bei denen ein Roboter unterstützten eingesetzt werden kann, sind Benennübungen, Sprachverständnisübungen und Hörübungen. Insbesondere Benennübungen können empfohlen werden.

8.3 Äußeres Erscheinungsbild

Die Studien von Malchus et al. (2013) [196] und Rieke (2013) [245] konnten zwar zeigen, dass das Aussehen eines Roboters für die Therapie eine eher untergeordnete Rolle spielt, dennoch präferierten die neurologischen Patienten in der Studie von Rieke (2013) [245] einen weiblich aussehenden Roboter. Dies kann mit einer Erwartungshaltung zusammenhängen, da im therapeutischen Bereich häufig Frauen arbeiten. Da bekannt ist, dass erfüllte Erwartungen sich positiv auf eine Interaktion auswirken können und die Interaktion so natürlicher gestaltet werden kann, ist dieser Punkt zu berücksichtigen. In der Studie zum roboterunterstützten

Benenningstraining bei Aphasie (s. Kapitel 6) akzeptierte der Proband Herr R.H. zudem den weiblich aussehenden Roboter. Seine Einstellung ihm gegenüber war sehr positiv. Geht man davon aus, dass die später aufgeführten Dialogfähigkeiten wie die Nutzung mehrerer Ausdrucksmodalitäten (Mimik, Gestik, Sprache) für einen Roboter in der Sprachtherapie wünschenswert ist und zudem die Natürlichkeit und die intuitive Gestaltung einer Interaktion im Vordergrund stehen, spricht vieles dafür, einen Roboter menschenähnlich zu gestalten. Natürlich muss auch hier an das Uncanny Valley (Mori, 1970 [210]) gedacht und die damit einhergehenden Studien (z.B. von der Pütten & Krämer, 2011 [307]) berücksichtigt werden, so dass der Roboter als sympathisch und ansprechend und nicht als gruselig oder abschreckend wahrgenommen wird. Weiterhin müssen die unterschiedlichen Einstellungen und Erwartungen der Nutzer berücksichtigt werden. Die Personen mit ASS verbinden mit einem Roboter beispielsweise viele maschinelle und technische Aspekte (s. 3.3). Um diesen Erwartungen gerecht zu werden und ggf. die Akzeptanz des Roboters in der Therapie zu erhöhen, sollten diese Unterschiede bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Der Roboter Flobi beispielsweise, scheint die Anforderungen zu erfüllen, sowohl menschenähnliche Züge aufzuweisen und darüber hinaus noch ausreichend maschinell zu wirken. Dies liegt u.a. daran, dass im Halsbereich des Roboters viele Kabel zu sehen sind und er keinen Torso besitzt. Er wurde bereits erfolgreich mit beiden Nutzergruppen getestet (Testung mit Aphasiker: s. Kapitel 6, Testung mit Personen mit ASS: s. Damm et al., 2013 [67]). Die Empfehlung für das äußere Erscheinungsbild lautet daher:

Das äußere Erscheinungsbild sollte sich nach den Wünschen und Erwartungen der Patienten richten, bei denen der Roboter zum Einsatz kommt. Für die Aphasitherapie sollte ein Roboter eingesetzt werden, der menschenähnliche Features aufweist und eher weiblich wirkt. Für den Einsatz bei Patienten mit ASS ist ein Äußeres, das zudem einen maschinellen Charakter aufweist, zu empfehlen.

8.4 Empfehlung zur Konstruktion sprachlicher und kommunikativer Verhaltensweisen

Die sprachlichen Fähigkeiten eines Roboters hängen stark mit dem Szenario zusammen, in dem der Roboter eingesetzt werden soll. Wie bereits zuvor in der Diskussion beschrieben, sind die sprachlichen Anforderungen an den Roboter höher, wenn dieser in einer Sprachverständnisübung bzw. einer Benennübung eingesetzt wird, im Vergleich zu einer Hörübung (s. Kapitel 7). Studien, beispielsweise von Kozima et al. (2005) [166], konnten zeigen, dass auch Systeme mit geringen kommunikativen Fähigkeiten in der Therapie von ASS erfolgreich eingesetzt werden können. Die sprachlichen und kommunikativen Mindestanforderungen des Hörszenarios sind beispielsweise äußerst gering. Hier genügt eine rein vokale Ausdruckskomponente. Diese dient dazu, dass der Roboter durch einen auditiven Output auf sich aufmerksam machen kann. Im Rahmen des Hörszenarios kommt es jedoch zu keinem Dialog zwischen dem Patient und dem Roboter. Damit ein solcher gelingt, liegen die Mindestanforderungen an den Roboter wesentlich höher. Ein Dialog wird beispielsweise im Rahmen des Benennszenarios oder des Sprachverständniszenarios notwendig (s. Kapitel 7). Für beide Szenarien sollte der Roboter über die Kompetenz verfügen einen Dialog zu beginnen, indem er den Patienten begrüßt und einen Dialog zu beenden, indem er sich von dem Patienten verabschiedet. Dies erfordert, dass er sich verbal in Sätzen ausdrücken kann.

Auch wenn Homburg und Lüdtke [146] betonen, dass der kreative Umgang mit der Sprache in der Therapie bedeutsam ist, dürfte es für einen Roboter ausreichen, wenn er hier auf eingespicherte Floskeln zurückgreift. Weiterhin ist für das Benenntraining eine Spracherkennung notwendig, damit der Roboter entscheiden kann, ob die Äußerung des Patienten korrekt ist. Dies ist notwendig, um dem Patienten ein korrektes Feedback zu geben und so den Lernerfolg zu steigern (s. Finn & Metcalfe, 2010 [107]; McKissok & Ward, 2007 [202]; Schmidt et al., 2014 [265]). Die Ergebnisse des roboterunterstützten Benenntrainings (Kapitel 6) zeigen zwar, dass ein Feedback, das durch einen emotionalen mimischen Ausdruck gegeben wird, sogar zu 100 % unpassend sein darf, dieses Ergebnis ist jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Nicht nur, dass es sich um eine Einzelfallstudie handelte, es gab auch durch das Studiendesign bedingte Aspekte (Patient zeigte wenig emotionale Ausdrücke auf die der Roboter reagieren konnte, Patient schaute nicht immer zum Roboter), die die Aussagekraft der Ergebnisse stark einschränken. Eine gute Spracherkennung ist daher trotz dieses Ergebnis sinnvoll. Für das Sprachverständnisszenario ist diese jedoch nicht so bedeutsam, da sich der Patient in diesem Rahmen nicht äußern muss, sondern lediglich auf eine Darstellung zeigt. Hier ist es wichtiger, dass die sprachlichen Äußerungen des Roboters gut verständlich sind. Zu diskutieren ist, ob, zur besseren Verständlichkeit, eine menschliche Stimme statt einer synthetischen genutzt wird. Diese beeinflusst sicherlich die Wirkung des Roboters. Jedoch sollte es das Ziel sein, möglichst eindeutige und verständliche Äußerungen zu generieren, damit der Patient nicht nachfragen oder raten muss. Er ist, sollte eine Sprachverständnisübung notwendig sein, ohnehin in diesem Bereich eingeschränkt, sodass Hindernisse, die auf die Stimme oder die Prosodie des Roboters zurück zu führen sind, nicht noch erschwerend hinzu kommen sollten. Darüber hinaus ist die Kompetenz eines Roboters, multimodal kommunizieren zu können, wünschenswert. Zahlreiche Studien konnten zeigen, dass Multimodalität einen Mehrwert darstellt, der wichtig für die Sprachtherapie ist (s. Homburg und Lüdtke, 2003 [146]) und im Rahmen einer Mensch-Roboter Interaktion zur Natürlichkeit beiträgt (s. Damm et al., 2012 [68]). Auch im Benennszenario stellte es sich als vorteilhaft heraus, dass sich der Roboter sowohl sprachlich als auch mimisch ausdrücken konnte (s. Kapitel 6). Zwingend notwendig ist diese Fähigkeit im Rahmen des Benennszenarios nicht. Hier würden vielleicht auch sprachliche Äußerungen als Feedbackreaktionen reichen. Der zusätzliche mimische Ausdruck, u.a. für die Kommunikation von Emotionen, ist jedoch wünschenswert. Sicherlich wäre es auch schön, wenn der Roboter bei komplexeren Szenarien, wie ez.B. inem In-vivo-Training, bei dem ein Alltagsdialog trainiert wird, über weitere sprachliche und kommunikative Fähigkeiten verfügen würde. Insbesondere pragmatische Fähigkeiten, wie Turn-taking, ein angemessener Blickkontakt oder die Interpretation von Gesten wären wünschenswert. Solche sozialen Kompetenzen werden auch im Rahmen der Beschreibung einer Mensch-Roboter Interaktion von Fong und Dautenhahn (2003) [108] aufgeführt. Es gibt bislang jedoch keine Evidenz dafür, inwieweit diese Kompetenzen für den Einsatz eines Roboters notwendig sind oder ob sie für den Patienten förderlich sind. Sie werden daher bei der Aussprache der Empfehlung nicht berücksichtigt. Eine zusammenfassende Empfehlung zur Konstruktion sprachlicher und kommunikativer Verhaltensweisen eines Roboters im Kontext der Sprachtherapie lautet:

Die sprachlichen Fähigkeiten eines Roboters in der Sprachtherapie sollten sich an dem Szenario orientieren, in dem der Roboter eingesetzt werden soll. Die kommunikativen Mindestanforderungen bestehen im Hörszenario in einer vokalen Äußerung zur Aufmerksamkeitslenkung. Für Szenarien, die einen Dialog erfordern, sollte der Roboter Sätze äußern können. Die Sprachäußerung kann

entweder mit einer menschlichen oder einer synthetischen Stimme erfolgen. Wenn möglich, sollte er über eine gute Spracherkennung verfügen. Weiterhin ist die Fähigkeit zu einer multimodalen Kommunikation wünschenswert.

8.5 Empfehlung zur Konstruktion emotionaler Verhaltensweisen

Die Kommunikation von Emotionen ist in der Sprachtherapie ein wichtiger Aspekt (Malchus et al., 2012 [197]; Thiele et al., 2012 [293]). Homburg und Lüdtker (2003) [146] formulieren in diesem Zusammenhang emotionale Kompetenzen, die ein Sprachtherapeut für eine natürliche Dialogführung in der Therapie benötigt. Diese beziehen sich unter anderem darauf, dass Emotionen über verschiedene Modalitäten ausgedrückt werden können und dass der Therapeut mit unterschiedlichen emotionalen Mechanismen reagieren kann, z.B. in dem er sich dem Patienten gegenüber empathisch verhält. Studien aus dem Bereich der Mensch-Roboter Interaktion haben gezeigt, dass es sinnvoll ist, einen Roboter mit emotionalen Kompetenzen auszustatten (z.B. Leite et al., 2013 [178]; Tielman et al., 2014 [294]). Dabei wurde nicht nur untersucht, wie das emotionale Verhalten des Roboters wahrgenommen wird, sondern auch wie auf dieses reagiert wird (Riether, 2013 [246]; Rosenthal-von der Pütten et al., 2013 [257]). Dass sowohl *Mimikry* als auch *Empathie* als positive emotionale Angleichungsmechanismen eines Roboters wahrgenommen wurden, zeigen die Studien von Hegel (2010) [132] und Leite et al. (2012) [177]. Die Ergebnisse des Benenntrainings bei Aphasie zeigen, dass es keinen Unterschied macht, ob der Roboter mit *Mimikry* reagiert oder konzeptuell adaptiv. Es erscheint eher wichtig, dass ein Roboter überhaupt Emotionen zeigt und nicht auf welchem Mechanismus die Reaktion beruht. Bedeutsamer ist, dass im Fall emotionaler multimodaler Ausdrücke, die ausgesendeten emotionalen Informationen kongruent zueinander sind, die emotionale Information somit die gleiche ist (s. Kapitel 5). Dies kann sonst zu Irritationen seitens des Patienten führen, die Patient-Roboter Beziehung negativ beeinflussen könnte. Eine gute Beziehung ist jedoch in einer Sprachtherapie wichtig und beeinflusst den Therapieerfolg (s. Lüdtker, 2012 [189]). Aus Sicht des professionellen Personals (Sprachtherapeuten), sind die Fähigkeiten eines Roboters Emotionen zu erkennen, Emotionen auszudrücken und empathisch zu reagieren gleichbedeutend wichtig (s. Malchus et al., 2013 [196], s. Kapitel 3.1). Die Anforderungen an die emotionalen Fähigkeiten eines Roboters sind aus ihrer Sicht sehr hoch. Das gleiche gilt für Patienten mit neurologisch bedingten Sprach-, Sprech- und Schluckstörungen. Diese äußerten ebenfalls, in der Befragung von Rieke (2013) [245], den Wunsch nach hohen emotionalen Fähigkeiten eines Roboters in der Therapie (Emotionen erkennen, ausdrücken und emotional adaptativ reagieren). Zur Erhöhung der Akzeptanz des Roboters in der Sprachtherapie sollten möglichst viele dieser Punkte bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Hinsichtlich einzelner Emotionen erscheint vor allem ein positiver Ausdruck für die Therapie relevant. Positive Emotionsausdrücke können aufmuntern, die Motivation steigern, die Patient-Therapeut Beziehung beeinflussen und dadurch auch den Therapieeffekt (s. Fredrickson, 2000 [110]; Tse et al., 2010 [298]). Die Ergebnisse der Evaluation der dynamischen Ausdrücke des Roboters Flobi zeigt, dass dessen freudige Ausdrücke nicht eindeutig erkannt werden können (s. Kapitel 4). Statt dessen wird der Ausdruck von Ärger gut erkannt. Dieser erscheint jedoch als vom Roboter dargestellter Ausdruck im Kontext der Sprachtherapie nicht so relevant wie der freudige Ausdruck. In Bezug auf die Emotionserkennung ist von dem entgegen gesetzten Fall auszugehen. Hier erscheint es relevanter, dass der Roboter einen Ausdruck negativer Valenz

erkennen kann, beispielsweise wenn der Patient traurig, frustriert oder wütend ist. Nur wenn er diesen Ausdruck als negativ identifiziert, kann er mit einer konzeptuellen Reaktion bzw. empathisch reagieren und durch einen freudigen Ausdruck versuchen, den Patienten aufzumuntern oder die Sitzung abbrechen. Zusammenfassend werden folgende Empfehlungen für die Konstruktion emotionaler Verhaltensweisen eines Roboters für die Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen formuliert:

Ein Roboter für die Sprachtherapie sollte Emotionen multimodal und kongruent ausdrücken können. Die bevorzugte Ausdrucksform ist die Mimik. Hierbei sollte vor allem der Ausdruck von Freude gut erkennbar sein. Ein Roboter sollte in diesem Kontext zudem die Emotionen des Gegenüber erkennen können. Hierbei ist vor allem die Erkennung eines Ausdrucks negativer Valenz wichtig.

Die in diesem Kapitel aufgeführten Empfehlungen konnten sicherlich nicht alle wichtigen Aspekte zur Konstruktion eines Roboters für die Sprachtherapie berücksichtigen und sind daher unvollständig. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es an vielen Stellen noch zu wenig Evidenz, als dass eine Empfehlung ausgesprochen werden könnte. Bislang sind nur wenige Studien zur Robotik für die Sprachtherapie veröffentlicht, sodass ohnehin häufig auf Ergebnisse anderer Bereiche der Sozialen Robotik oder der Klinischen Linguistik verwiesen werden musste. Durch die Ergebnisse zukünftiger Studien aus dem Bereich der RST können die Empfehlungen jedoch ergänzt werden und als Ausgangspunkt für die Konstruktion eines Roboters in der Interaktion mit Patienten mit Sprach- und Kommunikationsstörungen gesehen werden. Im nächsten Kapitel wird, bevor dann die Ergebnisse der Arbeit abschließend zusammengefasst werden, das an die Sprachtherapie angepasste Modell des Emotionalen Alignment modifiziert und vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Benenntrainings erläutert werden.

9 Modifikation des angepassten Computermodells des Emotionalen Alignment

Das Computermodell des Emotionalen Alignment von Damm et al. (2012) [68] wurde mit dem Ziel entwickelt, die Mensch-Roboter Interaktion natürlicher und intuitiver zu gestalten. Bereits in Kapitel 2.7 wurde das Modell, u.a. basierend auf Studien zur Patient-Roboter Interaktion und eigenen Überlegungen, an die Sprachtherapie angepasst dargestellt. Einige Aspekte des Modells, wie der Stellenwert emotionaler Kongruenz und die reduzierte Einteilung in zwei Ebenen, eine automatische und eine konzeptuelle, wurden experimentell überprüft (s. Kapitel 5 und 6). Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse wird das angepasste Modell erneut erläutert und um eine Komponente zur Aufmerksamkeitslenkung ergänzt (s. Abb. 9.1). Zunächst wird dabei auf die Einteilung in die zwei Ebenen eingegangen. Das Ursprungsmodell beinhaltet drei Ebenen unterschiedlicher Komplexität. Die untere Ebene ist die automatische Ebene, die mittlere die schematische und die obere die konzeptuelle. Die Einteilung basiert auf Emotionsmodellen von Leventhal und Scherer (1987) [179] und Davis (1996) [76], sowie zahlreicher Studien, die zeigen, dass in der Mensch-Mensch Interaktion drei verschiedene emotionale Anpassungsmechanismen nachweisbar sind. Trotz der Evidenz für eine Dreiteilung, wird eine solche kontrovers diskutiert. Autoren wie Hatfield et al. (1994) [127] integrieren den Mechanismus *Mimikry* in ihre Beschreibung einer emotionalen Ansteckbarkeit (*Emotional Contagion*) und plädieren dafür, dass *Mimikry* als primitive emotionale Ansteckung gesehen werden kann (s. Hess & Fischer, 2014 [138]). Folgt man diesem Ansatz,

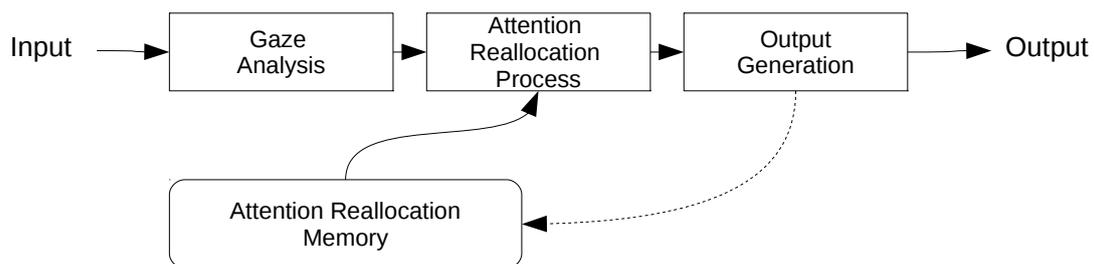


Abbildung 9.1: Ergänzende Komponente zur Lenkung der Aufmerksamkeit des Patienten. Die einzelnen Prozesse sind aufgeteilt in eine Analyse des Blickverhaltens des Patienten (Gaze Analysis), einen Prozess zur Aufmerksamkeitslenkung (Attention Reallocation Process), bei dem eine verbale Äußerung aus dem Speicher (Attention Reallocation Memory) abgerufen wird und einen Prozess, bei dem der verbale Output generiert wird (Output Generation).

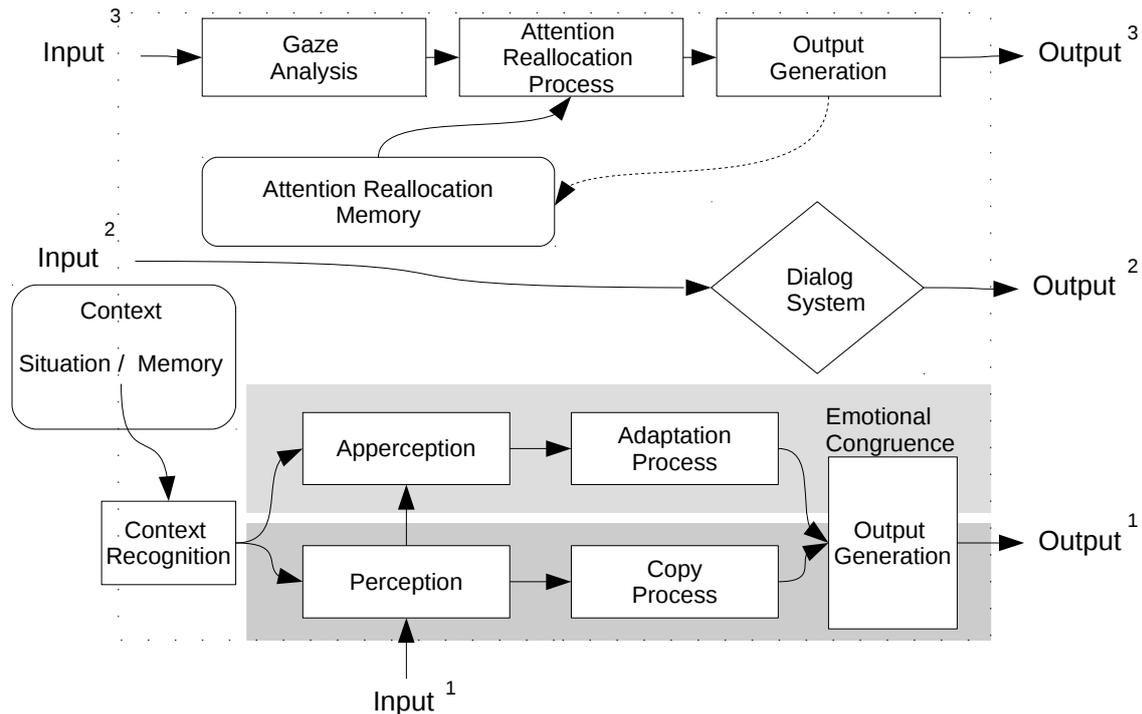


Abbildung 9.2: Modifizierte Version des für die Sprachtherapie angepassten Computermodell des Emotionalen Alignment von Damm et al. (2012) [68]; dieses Modell beinhaltet eine Emotionsarchitektur, die die emotionalen Alignmentmechanismen auf automatischer und konzeptueller Ebene beinhaltet, sowie eine Architektur zur Aufmerksamkeitserfassung und -lenkung des Interaktionspartners. Der Input erfolgt an drei Stellen. Input 1 kann auditiv oder visuell sein (Sprache oder Mimik), Input 2 ist auditiv und Input 3 visuell. Output 1 kann auditiv oder visuell sein, Output 2 ist auditiv und Output 3 ist ebenfalls auditiv.

könnten die automatische und die schematische Ebene in einer Ebene zusammen gefasst werden. Damm et al. (2012) [68] teilen diese Auffassung jedoch ebenso wenig wie Hess und Fischer (2014) [137]. Dass für das angepasste Modell auf 2 Ebenen reduziert wurde, liegt daran, dass das Modell für den therapeutischen Kontext zunächst nicht so komplex gestaltet werden sollte. Insbesondere da die Robotik für die Sprachtherapie ein weitestgehend unerforschtes Gebiet der Robotik darstellt, erschien es sinnvoll, zunächst recht einfach umzusetzende Prozesse im Rahmen der Therapie zu untersuchen. Es erschien naheliegend die automatische und konzeptuelle Ebene miteinander zu vergleichen, da diese recht gut voneinander trennbar sind und die auf den zwei Mechanismen beruhenden Reaktionen gut interpretierbar sind. Im Rahmen eines Benennszenarios in Kapitel 6 wurden die emotionalen Alignmentmechanismen, die diesen beiden Ebenen zuzuordnen sind, hinsichtlich ihres Einflusses auf die Benennleistung des Probanden miteinander verglichen. Die in der Studie getesteten Alignmentmechanismen entsprachen dabei den in der Mensch-Mensch Interaktion relevanten Mechanismen *Mimikry* und *Empathie* bzw. ein *konzeptueller Mechanismus*. Ausgehend von dem Modell des Emotionalen Alignment sind die Mechanismen der automatischen Ebene (*Mimikry*) und der konzeptuellen Ebene (*konzeptueller Mechanismus*) zuzuordnen. Während *Mimikry* eine eher automatische und einfache Reaktion hervorbringt, ist die Verarbeitung und Interpretation auf der konzeptuellen Ebene komplexer. Eine konzeptuelle Reaktion muss nicht immer kongruent zum Ausdruck des Interaktionspartners sein, sondern kann, beispielsweise im therapeutischen Kontext ein aufmunterndes Lächeln auf einen traurigen Ausdruck des Patienten darstelle, u.a. zu dem Zweck der Motivationsförderung. *Mimikry* stellt statt dessen lediglich eine Art Kopie des Ausdrucks des Interaktionspartners dar und ist aufgrund dessen zwangsläufig kongruent zum Ausdruck des Gegenüber. Dass der Vergleich der beiden Bedingungen in der Studie aus Kapitel 6 keinen Unterschied im Rahmen des roboterunterstützten Benenntrainings ausmachte, kann ein Hinweis darauf sein, dass es prinzipiell ausreicht, wenn nur eine Ebene des Modells implementiert wird (z.B. die automatische Ebene mit dem Mechanismus im Sinne einer *Mimikry*). In einem ersten Versuch, den autonomen Roboter in der Therapie einzusetzen, könnte der Einfachheit halber zunächst eine reduzierte Version des angepassten Modells implementiert werden, bei der nur diese eine Ebene integriert wird. Es gibt jedoch auch Gründe die dagegen sprechen. Da in einer natürlichen Interaktion nicht nur mit *Mimikry* reagiert wird, sondern variabel mit unterschiedlichen Mechanismen, sollte das vorrangige Ziel in der Umsetzung aller (oder zumindest der automatischen und konzeptuellen Ebene) liegen. Ein Roboter der nur mit *Mimikry* reagiert kann zudem schnell als unsympathisch wahrgenommen werden, da diese Reaktion leicht als "nachäffen" missverstanden werden kann. Die Reaktionen auf den unterschiedlichen emotionalen Ebenen des Alignment sollten dabei den Regeln der in Kapitel 6 vorgestellten Studie folgen (s. Tabelle 6.1). Der Aspekt der *emotionalen Kongruenz*, der im Rahmen therapeutischer Behandlungen von hoher Bedeutung ist (s. Rogers, 1977 [256]), wurde als explizite Nennung im Bereich der *Output Generation* in das Computermodell integriert. Unter *Emotional Congruence* ist, im Rahmen einer multimodalen Interaktion, das Aussenden der gleichen emotionalen Information über die unterschiedlichen Modalitäten gemeint (s. Kapitel 5). Inkongruenz meint in dem Fall das Versenden verschiedener emotionaler Informationen in den unterschiedlichen Modalitäten. Die Relevanz emotionaler Kongruenz für die Mensch-Roboter Interaktion und damit einhergehend die Notwendigkeit zur Implementierung beim Roboter wurde in Kapitel 5 untersucht. Hier zeigte sich, dass emotionale Inkongruenz in der Mensch-Roboter Interaktion zu Irritationen führt. Dies konnte anhand der fazialen Reaktionen der Versuchsteilnehmer gemessen werden (für die detaillierte Diskussion s. Kapitel 7.3). Die Produktion emotional kongruenter, multimodaler Ausdrücke eines Roboters erscheint daher sinnvoll. Im angepassten

Modell ist diese im Rahmen der *Output Generation* aufgeführt. Die explizite Nennung soll dafür sorgen, dass bei der Konstruktion vorrangig auf die Generierung emotional kongruenter multimodaler Ausdrücke geachtet wird. Gegebenenfalls könnte sogar eine Komponente integriert werden, die sicherheitshalber überprüft ob die generierten Ausdrücke tatsächlich kongruent zueinander sind. Als unerwartetes Ergebnis der Wizard of Oz-Studie (Kapitel 6) konnte zudem die Bedeutung einer Aufmerksamkeitslenkung des Patienten mit Aphasie durch den Roboter identifiziert werden. Scheinbar war der Roboter nicht salient genug, als dass er dauerhaft von dem Patienten beachtet wurde. So verpasste der Studienteilnehmer häufig die emotionale Feedbackreaktion des Roboters. Daher wurde, basierend auf diesem Ergebnis, eine entsprechende Ergänzung für das angepasste Modell entworfen, die aus 3 Komponenten besteht. Diese ist in Abb. 9.1 dargestellt. Sie besteht zum Einen aus einer Analyse des Blickverhaltens des Patienten (Gaze Analysis), einem Modul zur Vorbereitung des verbalen Feedbacks mit dem Ziel der Aufmerksamkeitslenkung (Attention Reallocation Process), sowie einem entsprechenden Teil zur Generierung des sprachlichen Outputs (Output Generation). Die Sätze, die zur Lenkung der Aufmerksamkeit als verbaler Output generiert werden, sind dabei in einem *Attention Reallocation Memory*, das einer Gedächtnisstruktur bzw. einem Speicher entspricht, abgespeichert. Als Input können visuelle Daten spezifiziert werden, die mit einer Kamera oder einem Eyetracker aufgezeichnet werden. Der Output stellt, wie bereits erläutert, eine verbalen Äußerung dar. Damit zur Aufmerksamkeitslenkung nicht durch Zufall immer der gleiche Satz geäußert wird, gibt es eine Verbindung von der *Output Generation* zum *Attention Reallocation Memory*. Dadurch wird sichergestellt, dass der zuvor generierte Satz nicht unmittelbar erneut wiedergegeben wird. Einfacher wäre es sicherlich, wenn die Sätze zur Aufmerksamkeitslenkung generell in einer Art Liste abgearbeitet werden. Da diese Liste jedoch begrenzt werden muss und das Modell auch für eine Langzeitinteraktion genutzt werden soll bzw. für eine häufiger statt findende Mensch-Roboter Interaktion, wird eine wiederholte Wiedergabe einer Liste für den menschlichen Interaktionspartner sicherlich nicht als natürlich und angenehm empfunden. Solche Muster im Reaktionsverhalten lassen einen Roboter weniger kompetent und intelligent erscheinen. Dies widerspricht dem Bild, das ein Roboter zur Unterstützung im Rahmen einer sprachtherapeutischen Intervention vermitteln soll. Eine eher randomisierte, jedoch kontrollierte Wiedergabe erscheint die vielversprechende Variante zu sein.

Das modifizierte Computermodell des Emotionalen Alignment für die Sprachtherapie, bei dem nun auch die zusätzliche Komponente zur Aufmerksamkeitslenkung integriert ist, wird in Abb. 9.2 dargestellt. Bei der Bezeichnung und grafischen Darstellung der einzelnen Komponenten wurde sich am Ursprungsmodell des Computational Model of Emotional Alignment (Damm et al., 2012 [68]) orientiert. In Anlehnung an das Ursprungsmodell wurden die englischen Begriffe beibehalten. Wie bereits in Kapitel 2.7, wurde bei diesem Modell, neben der Emotionsarchitektur, ein Dialogsystem als eine Art "black box" dargestellt. Es ist daher, im Vergleich zu den anderen internen Komponenten des Modells, als Raute dargestellt. Auf diese Dialogkomponente wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, sondern statt dessen u.a. auf Peltason und Wrede (2010) [229] verwiesen, die mit PaMini eine Dialogstruktur für die Mensch-Roboter Interaktion entwickelt haben. Diese wurde bereits in einigen Studien getestet (z.B. Peltason & Wrede, 2011 [230]; Peltason, Riether, Wrede, & Lütkebohle, 2012 [228]). Zudem wird auf Kipp und Kummert (2014) [163] verwiesen, die ein dynamisches Dialogsystem für den Roboter Flobi entwickelt haben. Die Testung des Systems zeigte, dass ein dynamisches System im Vergleich zu einem statischem (kurze,

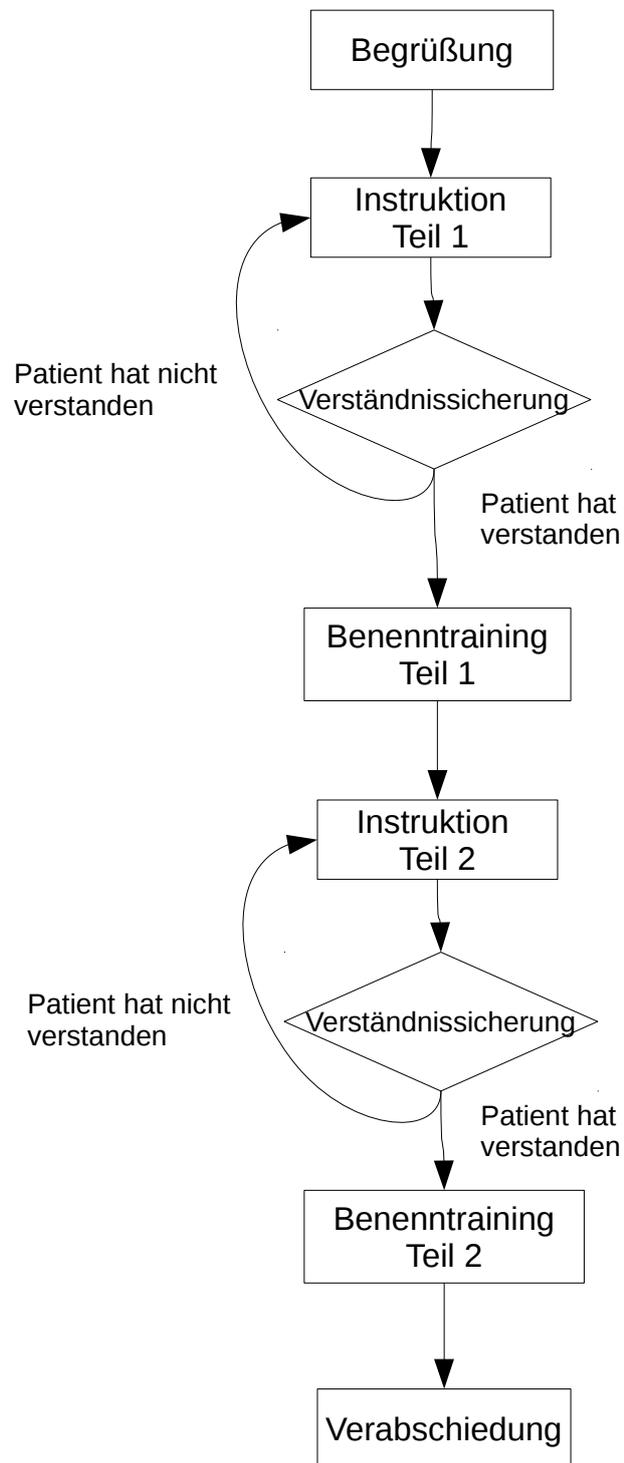


Abbildung 9.3: Darstellung der dynamischen Grobstruktur des roboterunterstützten Benennttrainings.

Äußerung	Kommentar
R1: „Hallo!“ P1: „Hallo!“	Begrüßung
R2: „Wir üben heute das Benennen. Dazu werden gleich einige Objekte auf dem Bildschirm angezeigt. Diese werde ich zunächst benennen. Sie schauen sich die Bilder zunächst nur an. Sind sie soweit?“ P2: „Ja.“ R3: „Dann los!“ R4: „Haus“ [...]	Instruktion des Patienten und Verständnissicherung
R5: „Das waren alle Objekte. Nun sind Sie an der Reihe. Die Objekte werden wieder auf dem Bildschirm angezeigt. Bitte benennen Sie die Objekte. Wenn Sie das Objekt nicht benennen können, sagen sie „weiter“. Haben Sie die Aufgabe verstanden?“ P3: „Ja.“ R6: „Gut. Dann starten wir.“ P4: „Banane.“ R7: „Das ist richtig“ [...]	Beginn Training Teil 1 Roboter benennt Objekt Ende Training Teil 1 Instruktion des Patienten und Verständnissicherung
P5: „Kanne.“ R8: „Das ist leider falsch. Dies war auch das letzte Objekt. Das Training ist jetzt beendet. Auf Wiedersehen.“ P6: „Auf Wiedersehen.“	Beginn Training Teil 2 Patient benennt Objekt Roboter gibt Feedback Patient benennt Objekt Roboter gibt Feedback Ende Training Teil 2 Verabschiedung

Abbildung 9.4: Darstellung eines fiktiven beispielhaften Dialogs zwischen Roboter (R) und Patient (P) während des roboterunterstützten Benenntrainings.

unveränderte Sätze) im Rahmen einer Spielsituation besser geeignet ist. Die dynamischen Satzstrukturen führten zu einer höheren Zufriedenheit des menschlichen Spielpartners. Diese Ergebnisse können für die Robotik bei Sprach- und Kommunikationsstörungen hilfreich sein, da viele Übungen in der Therapie ebenfalls einen Spielcharakter aufweisen. Zudem würde eine dynamischere Satzstruktur mehr den Erwartungen an einen Therapeuten nach Homburg und Lüdtke (2003) [146] entsprechen, sowie den Erwartungen der professionellen und nicht professionellen Nutzer an einen Roboter im Rahmen der Sprachtherapie (s. Kapitel 3). Welche dieser Dialogkomponenten für das an die Sprachtherapie angepasste Computermodell des Emotionalen Alignment sinnvoller ist, muss in weiteren Studien überprüft werden.

Eine Evaluation des an die Sprachtherapie angepassten und modifizierten Version des Computermodells des Emotionalen Alignment könnte im Rahmen des roboterunterstützten Benenntrainings statt finden. Dieses Szenario stellte sich u.a. bereits zur Überprüfung des Stellenwerts beider emotionaler Alignmentebenen (automatische und konzeptuelle Ebene) als geeignet heraus. Zudem war dieses Szenario aus Sicht des an der Studie teilnehmenden Patienten mit Aphasie erfolgreich. Darüber hinaus erfüllt der Einsatz des Roboters in der Benenntherapie die Erwartungen professioneller Nutzer (Malchus et al., 2013 [196]) und ist daher zu präferieren. Aus diesen Gründen wird das Modell zum besseren Verständnis anhand einer

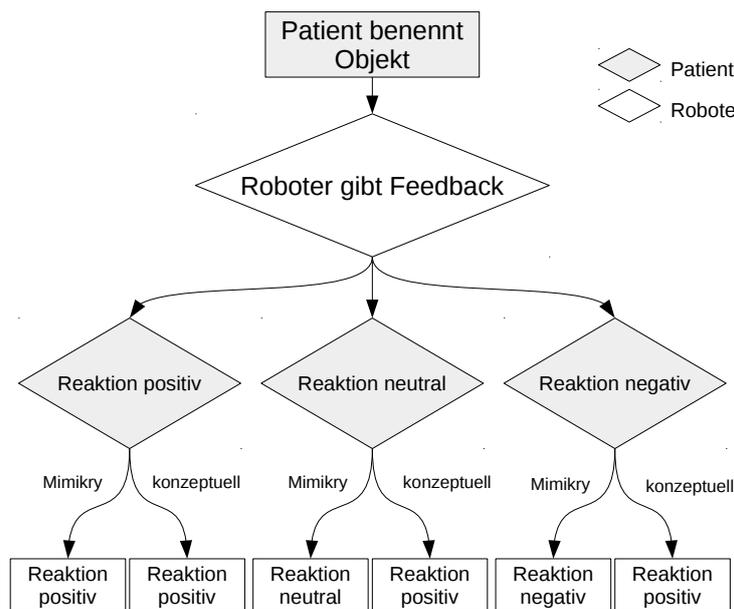


Abbildung 9.5: Darstellung der emotionalen Reaktionen des Roboters basierend auf den Regeln der emotionalen Anpassung (*Mimikry*, *konzeptuell*) während des roboterunterstützten Benenntrainings.

dynamischen Struktur des Benennszenarios erläutert. Diese ist in Abbildung 9.3 dargestellt. Zu Beginn des Szenarios findet eine Begrüßung statt. Auf diese folgt die erste Instruktion des Patienten durch den Roboter (Instruktion 1). Ein beispielhafter Dialog, wie er im Rahmen der des Szenarios ablaufen kann, ist in Abbildung 9.4 dargestellt. Dieser ist beispielsweise zu entnehmen, dass der Roboter dem Patienten im Rahmen der ersten Instruktion erläutert, dass zunächst einige Objekte auf dem Bildschirm angezeigt werden, die vorerst von dem Roboter benannt werden. In diesem Teil des Szenarios betrachtet der Patient lediglich die Bilder und lauscht den entsprechenden Äußerungen des Roboters. Nach der Instruktion ist in der dynamischen Grobstruktur (Abb 9.3) die Verständnissicherung dargestellt. Diese ist, anders als beispielsweise die Instruktion, in einer Raute dargestellt. Die Begründung dafür liegt darin, dass die Verständnissicherung eine Entscheidungskomponente beinhaltet. Während bei der Option "Patient hat verstanden" der Ablauf Schritt für Schritt weiter geht, führt bei der Option "Patient hat nicht verstanden" der Pfeil zurück zur Instruktion. Diese Schleife sorgt dafür, dass der Patient, sofern er die Instruktion nicht verstanden hat, die Instruktion erneut anhören kann. Im Anschluss daran hat er wiederholt die Möglichkeit ein Unverständnis zu deklarieren. Es folgt Benenntraining Teil 1, dann eine erneute Instruktion, bei der nun der zweite Teil des Benenntrainings erläutert wird. Der Ablauf im Rahmen der Verständnissicherung ist der gleiche wie im Anschluss an die erste Instruktion. Nach Ende des zweiten Benenntrainings erfolgt eine Verabschiedung. Das roboterunterstützte Benennszenario ist damit beendet.

Die Abbildungen 9.5 und 9.6 stellen dar, welche Prozesse während des Benenntrainings (Teil 2) durchlaufen werden. In Abb. 9.5 sind beispielsweise die emotionalen Alignmentmechanismen *Mimikry* und *konzeptuell* dargestellt, die je nach Ausdruck des Patienten zu verschiedenen Reaktionen des Roboters führen. Die zugrunde liegenden Regeln entsprechen den bereits in Kapitel 6 aufgeführten Regeln, nach denen *Mimikry* beispielsweise eine Kopie

des Ausdrucks des Interaktionspartners ist. Ein freudiger Ausdruck des Patienten führt zu einem freudigen Ausdruck des Roboters, ein neutraler Ausdruck des Patienten führt zu einem neutralen Ausdruck des Roboters und ein ärgerlicher Ausdruck führt zu einem ärgerlichen Ausdruck. Wie bereits in Kapitel 6 angesprochen ist der Ausdruck negativer Valenz, auf den in diesem Modell reagiert wird, Ärger. Es wird angenommen, dass ein Patient, sollte er ein Objekt falsch benennen, verärgert sein könnte (ärgerlich über sich selbst). Sicherlich kann es auch vorkommen, dass der Patient bei einer falschen Benennung mit einem traurigen Ausdruck reagiert. Dies wurde im Rahmen dieses Modells jedoch zunächst nicht berücksichtigt. Im Rahmen der Evaluation des Modells sollte darauf geachtet werden, mit welchen Emotionsausdrücken der Patient reagiert, um das Modell dann entsprechend anzupassen. In dem ersten Versuch des Benenntrainings war der Patient leider nicht sehr expressiv, so dass kaum Aussagen zu weiteren Emotionsausdrücken möglich waren. Dies mag ein Einzelfall sein, ob andere Patienten jedoch expressiver sind, werden die Ergebnisse weiterer Studien zeigen. In der Wizard of Oz Studie in Kapitel 6 waren bestimmte Stimuli an die verschiedenen Bedingungen zum *Emotionalen Alignment* geknüpft. So wurde zu gleichen Teilen mit *Mimikry* oder einer *konzeptuellen Reaktion* reagiert. Da es keinen signifikanten Unterschied machte, welcher Mechanismus der emotionalen Reaktion des Roboters zugrunde lag, ist es schwierig Aussagen zu treffen, ob der Roboter eher den einen oder anderen Mechanismus im Modell zur Generierung des Ausdrucks nutzen sollte. Es gibt Hinweise darauf, dass beide Mechanismen in einer Interaktion als positiv empfunden werden (s. Hegel, 2010 [132]; Leite et al., 2012 [177]). Aus Gründen der Natürlichkeit ist ein variables Verhalten zu bevorzugen, wobei es jedoch ebenfalls schwierig ist, zu bestimmen in welchem Ausmaß der eine oder andere Mechanismus genutzt wird und welche Regeln der Auswahl zugrunde liegen sollen. Muss die Auswahl des Alignmentmechanismus situationsabhängig sein? Beruht die Auswahl auf Änderungen im Verhalten des Patienten? Diese Fragen können im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden.

Die in Abbildung 9.6 dargestellte dynamische Struktur zur Aufmerksamkeitslenkung während des Benenntrainings zielt darauf ab, dass der Patient die Emotionsausdrücke des Roboters verstärkt wahrnimmt. Sollte dieser abgelenkt sein, z.B. in dem er aus dem Fenster sieht, könnte diese Zusatzkomponente des Modells dafür sorgen, dass die Aufmerksamkeit zurück zum eigentlichen Training gelenkt wird. Bei der hier dargestellten dynamischen Struktur findet eine Blickverfolgung des Patienten mit Hilfe eines eingebauten Eyetrackers statt. Sollte dieser die Augen für eine längere Zeit geschlossen halten oder zur Seite schauen, würde dies zu einer Sprachäußerung des Roboters führen. Dazu müsste ein Schwellenwert definiert werden, der dafür sorgt, dass der Prozess der Aufmerksamkeitslenkung in Gang gesetzt wird. Auf diesen wird zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht näher eingegangen. Die Blickverfolgung des Patienten findet während des gesamten Benenntrainings statt. Dies ist durch die drei gestrichelten Pfeile in der Abbildung 9.6 dargestellt, die von der Struktur des Benenntrainings zur *Gaze Analysis* führen. Je nachdem ob der Patient zum Roboter schaut oder beispielsweise zum Fenster, wird entweder der grundlegende Ablauf fortgeführt oder im Rahmen der Aufmerksamkeitslenkung eine sprachliche Äußerung generiert. Dabei wird, wie bereits im Modell (Abb. 9.2) beschrieben, auf eine Auswahl an Sätzen aus dem *Attention Reallocation Memory* zurückgegriffen. Da sämtliche Reaktionen des Roboters relevant sind und an bestimmte Stimuli gekoppelt sind, die gelernt werden sollen, ist es notwendig, dass die visuelle Aufmerksamkeit des Patienten gleichbleibend hoch ist. Die Aufmerksamkeitslenkung sollte daher über das gesamte Training erfolgen.

Ob sich dieses Modell bei einem autonom in der Sprachtherapie agierenden Roboter umsetzen lässt und ob es in dieser Form sinnvoll ist, muss im Rahmen einer weiteren

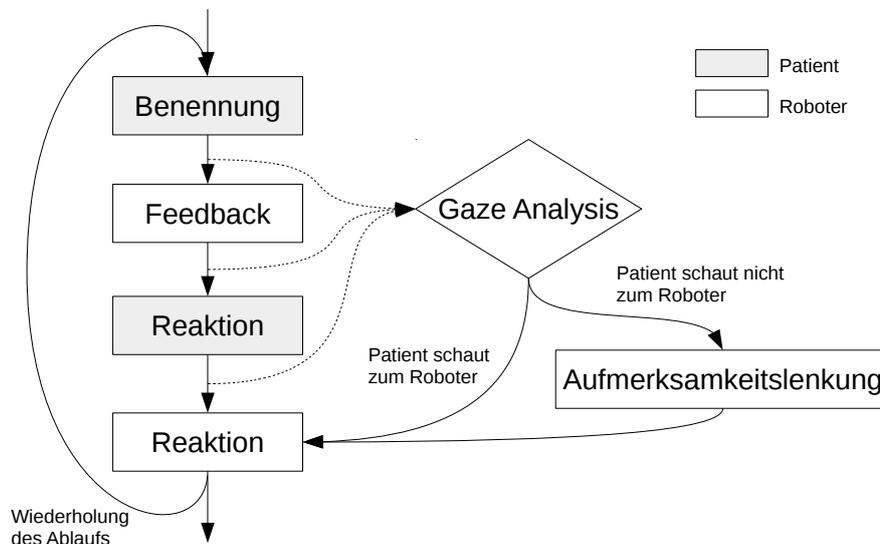


Abbildung 9.6: Dynamische Struktur des Moduls zur Aufmerksamkeitslenkung des Patienten im roboterunterstützten Benenningstraining.

Evaluation überprüft werden. Dieser hier dargestellte fiktive dynamische Verlauf verdeutlicht lediglich, wie ein autonomes und verbessertes Benenningstraining mit dem Roboter ablaufen könnte. Im Sinne eines iterativen Entwicklungsmodells sind weitere experimentelle Studien notwendig, um auch die einzelnen Aspekte, wie die Reaktionen des Patienten auf die Auswahl der unterschiedlichen Sätze des Roboters oder die Reaktionen des Patienten auf die mimischen Ausdrücke des Roboters zu untersuchen. Zeitliche Aspekte wurden im Rahmen der Beschreibung des Modells bislang gänzlich außer Acht gelassen. Diese sind jedoch äußerst relevant, geht man davon aus, dass eine automatische Reaktion im Sinne einer *Mimikry* in einer Mensch-Mensch Interaktion unmittelbar erfolgt. Ebenso sollte das Modell für weitere therapierelevante Szenarien (wie die in Kapitel 7 aufgeführten Szenarien zum Sprachverständnis und zum Hören) angepasst und evaluiert werden. Für das Hörszenario erscheint ein solch komplexes Modell nicht notwendig, da die Minimalanforderungen an den Roboter generell sehr gering sind. Im Rahmen der Sprachverständnisübung könnte das Modell jedoch ebenfalls angewandt werden. In diesem Szenario geht es darum, dass der Roboter Begriffe oder Sätze nennt, die zu einem Bild passen, dass, neben weiteren Bildern, auf einem Tisch vor dem Patienten liegt. Dieser soll nun auswählen, welches Bild zu der sprachlichen Äußerung passt. In diesem Szenario ist Feedback ebenso wichtig, wie im Benenningstraining. Es muss überprüft werden, ob es ggf. hierbei zu Unterschieden hinsichtlich des Einflusses der verschiedenen emotionalen Alignmentmechanismen auf die Leistung des Patienten kommt. Zudem könnten weitere Aspekte, wie Hilfestellungen des Roboters z.B. durch den Blick auf das entsprechende Bild, mit berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist es üblich, die Anzahl der auszuwählenden Bilder und somit die Komplexität zu variieren. Dies hätte ebenfalls eine Anpassung des Modells zur Folge. Eine nähere Erläuterung des Sprachverständniszenarios sowie die damit verbundene Änderungen im Modell würden an dieser Stelle zu weit führen. Daher wird an dieser Stelle auf zukünftige Studien verwiesen, in denen das Szenario getestet wird.

Abschließend wird nun eine kurze Zusammenfassung der vorliegenden Dissertation gegeben, sowie ein Überblick über mögliche anknüpfende Forschungsfragen, insbesondere in Hinblick auf den Roboter Flobi.

10 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Dissertation war es, Empfehlungen zur Konstruktion eines autonomen Roboters für die Sprachtherapie aufzustellen, sowie den Stellenwert emotionaler Kongruenz und emotionaler Alignmentmechanismen im Rahmen einer roboterunterstützten Sprachtherapie zu ermitteln. Die Basis dafür stellten experimentelle Studien dar. Es konnte herausgefunden werden, dass nicht nur gesunde Personen von der Unterstützung eines Roboters im Rahmen einer Gedächtnisaufgabe profitieren können, sondern auch Personen mit sprachtherapeutischem Behandlungsbedarf. Die vorliegende Arbeit macht deutlich, dass ein Roboter nicht nur bei Patienten mit ASS eingesetzt werden kann, sondern insbesondere bei Patienten mit Aphasie. Ein roboterunterstütztes, mehrwöchiges Benennszenario wurde entwickelt und erfolgreich im Rahmen einer Wizard of Oz-Studie mit einem Aphasiker getestet. Hierbei zeigte sich, dass eine Fehlerrate im emotionalen Feedback keinen Einfluss auf die Benennleistung des Patienten hatte. Eine Variation im Emotionalen Alignment (automatisches Alignment versus konzeptuelles Alignment) führte zu den gleichen positiven Leistungsverbesserungen bei dem Patienten im ersten Nachtest. In diesem Zusammenhang konnte kein Unterschied zwischen den beiden Mechanismen festgestellt werden. Im Rahmen dieses Szenarios konnte weiterhin herausgefunden werden, dass eine Modellkomponente zur Aufmerksamkeitslenkung auf den Roboter notwendig ist. Dieser Aspekt wurde in das an die Sprachtherapie angepasste Computermodell des Emotionalen Alignment aufgenommen. Dieses wurde detailliert in Kapitel 9 dargestellt. Resultat dieser Dissertation ist weiterhin, dass eine emotionale Inkongruenz zwischen dem Inhalt einer Geschichte und dem emotionalen Gesichtsausdruck eines Roboters zu Irritationen führt, die anhand der fazialen Reaktionen im M. Corrugator supercilii gemessen werden können. Dies führte zu der Schlussfolgerung, dass emotionale Kongruenz im Ausdruck des Roboters in der Mensch-Roboter Interaktion und insbesondere in der RST wichtig ist. Zudem ist es ein Hinweis darauf, dass emotionale Kongruenz in der Mensch-Roboter Interaktion bedeutsamer sein kann als in der Mensch-Mensch Interaktion. Scheinbar kommen hier andere mentale Prozesse zum Tragen, die die Wahrnehmung emotionaler Inkongruenz bzw. die Reaktionen auf emotional inkongruente Ausdrücke eines Roboters beeinflussen. Auch dieses Ergebnis wurde abschließend bei der Modifikation des an die Sprachtherapie angepassten Computermodells des Emotionalen Alignment berücksichtigt. Das Modell, sowie die Empfehlungen zur Konstruktion, können als Ausgangspunkt zur weiteren Forschung in der RST genutzt werden.

Bezogen auf die Theorie kann geschlussfolgert werden, dass ein Computermodell, das in drei Ebenen des Emotionalen Alignment unterteilt, im Rahmen einer Patient-Roboter Interaktion nicht zwangsläufig notwendig ist. Die in dieser Arbeit dargestellten Studien liefern keine Hinweise auf eine Notwendigkeit der Einteilung in eine automatische, schematische und konzeptuelle Ebene, wobei jedoch nur die Mechanismen, die der automatischen und konzeptuellen Ebene zuzuordnen sind, miteinander verglichen wurden. Jedoch kann im Sinne der Natürlichkeit und Intuitivität einer Kommunikation argumentiert werden, dass ein, durch unterschiedliche emotionale Alignmentmechanismen hervorgerufenen, dynamisches und

variables Verhalten des Roboters gebraucht wird.

Mit der vorliegenden Arbeit konnten jedoch nicht nur einige Fragen zum Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie beantwortet werden, es konnten auch neue Fragestellungen identifiziert werden. Die Robotik für die Sprachtherapie (RST) erscheint nach Durchführung der hier vorgestellten Studien weiterhin als vielversprechendes Forschungsfeld der Angewandten Informatik. Mögliche weitere Forschungsfragen betreffen u.a. die Verhaltensakzeptanz robotischer Systeme in natürlichen Therapiesituationen. Mit dieser Arbeit konnten Fragen zur Einstellungsakzeptanz beantwortet werden und die Akzeptanz des Roboters Flobi wurde auch u.a. im Rahmen des Benenstrainings überprüft. Diese Studie war jedoch eine Einzelfallstudie, die nur bedingt Aussagen zur Akzeptanz des Nutzers im Rahmen der Therapie ermöglicht. Eine größer angelegte Studie mit weiteren aphasischen Testpersonen ist notwendig, um generelle Aussagen treffen zu können. Darüber hinaus erscheint eine spätere Überprüfung in einer realen Umgebung (Rehabilitationsklinik oder beim Patienten Zuhause) notwendig, da ein autonomes System insbesondere dort zum Einsatz kommen soll. Eine offene Frage ist weiterhin, inwieweit ein emotionales Bewusstsein eines Roboters im Rahmen der Sprachtherapie notwendig ist. Homburg und Lüdtke (2003) [146] sehen diese emotionale Kompetenz als sehr bedeutend für das professionelle Personal in der Sprachtherapie an. Ob sich diese Kompetenz jedoch auch für einen Roboter als notwendig herausstellt oder ob es ausreichend ist, dass dieser Emotionen kommunizieren kann, ist unklar. Ein weiterer Ansatz, dem nachgegangen werden sollte ist, inwieweit andere robotische Systeme für den Einsatz in der Sprachtherapie geeignet sind. In dieser Dissertation wurde vorrangig überprüft, ob der Roboter Flobi bei Patienten mit Sprach- und Kommunikationsstörungen eingesetzt werden kann. Es wäre jedoch möglich, Studien auch mit einem anderen robotischen System, das über emotionale und kommunikative Kompetenzen verfügt, durchzuführen. Insbesondere für die Evaluation des in Kapitel 7 vorgestellten Hör szenarios ist ein anderes robotisches System notwendig, da der Roboter sich bei diesem fortbewegen muss.

Hinsichtlich der weiteren Forschung mit dem Roboter Flobi sollten folgende Punkte berücksichtigt werden. Die Erkennung der Emotionsausdrücke sollte in einem interaktiverem und natürlicherem Setting getestet werden. Möglicherweise werden die Ausdrücke des Roboters in einem multimodalen Kontext besser erkannt. In Hinblick auf die Evaluation der dynamischen Emotionsausdrücke des Roboters, lässt sich sagen, dass hier Verbesserungspotential steckt. Bei einigen Emotionen wurden bereits sehr gute Klassifikationsergebnisse erzielt. Andere Emotionen (z.B. Angst und Freude) konnten hingegen schwieriger erkannt werden. Sollte Flobi im Rahmen einer Therapie bei Patienten mit Sprach- und Kommunikationsstörungen eingesetzt werden – und natürlich auch in andere Bereichen der Mensch-Roboter Interaktion – sollte die Ausdrucksleistung des Roboters, vor allem für den Ausdruck von Freude, gesteigert werden. Insbesondere da Freude die einzige Emotion positiver Valenz darstellt.

Als Fazit lässt sich formulieren, dass diese Arbeit wichtige Erkenntnisse zur Erforschung der Robotik für die Sprachtherapie (RST) liefern konnte. Diese Erkenntnisse beziehen sich hauptsächlich auf die Akzeptanz robotischer Systeme und deren emotionaler Verhaltensweisen. Weitere spannende Forschungsfragen konnten aufgeworfen und ein Szenario für den Einsatz von Robotern in der Sprachtherapie konzipiert werden. Die nächsten Jahre werden zeigen, ob sich der vielversprechende Ansatz, Roboter unterstützend in der Sprachtherapie einzuset-

zen, realisieren lässt. Die Empfehlungen zur Konstruktion eines Roboters für die Therapie von Sprach- und Kommunikationsstörungen können dabei, ebenso wie das an die Sprachtherapie angepasste Computermodell des Emotionalen Alignment, als Basis für die Entwicklung eines autonomen robotischen Systems dienen.

11 Literaturverzeichnis

- [1] M. Agostini, M. Garzon, S. Benavides-Varela, S. De Pellegrin, G. Bencini, G. Rossi, S. Rosadoni, M. Mancuso, A. Turolla, M. F, and P. Tonin. Telerehabilitation in post-stroke anomia. *BioMed Research International*, 2014(706909), 2014.
- [2] J. Altarriba, L. Bauer, and C. Benvenuto. Concreteness, context availability, and imageability ratings and word associations for abstract, concrete, and emotion words. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(4):578–602, 1999.
- [3] N. Ambady, J. Koo, R. Rosenthal, and C. H. Winograd. Physical therapists’ nonverbal communication predicts geriatric patients’ health outcomes. *Psychology and Aging*, 17(3):443–352, 2002.
- [4] American Speech-Language-Hearing Association. Definitions of communication disorders and variations [Relevant Paper]. Available from www.asha.org/policy, 1993.
- [5] F. Amirabdollahian, B. Robins, K. Dautenahn, and Z. Ji. Investigating tactile event recognition in child-robot interaction for use in autism therapy. In *Proceedings of the IEEE International Conference of Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2011)*, pages 5347–5351. IEEE, 2011.
- [6] K. Arai, Y. Inoue, and M. Kato. Emotional incongruence of facial expression and voice tone investigated with event-related brain potentials of infants. *i-Perception*, 2(8):954–954, 2011.
- [7] P. Asaro. What should we want from a robot ethic. *International Review of Information Ethics*, 6(12):9–16, 2006.
- [8] S. Aschenbrenner, O. Tucha, and K. Lange. *Regensburger Wortflüssigkeits-Test: RWT*. Hogrefe, Verlag für Psychologie, Göttingen, 2000.
- [9] C. Astésano, M. Besson, and K. Alter. Brain potentials during semantic and prosodic processing in French. *Cognitive brain research*, 18(2):172–184, Jan. 2004.
- [10] F. Bachmann and A. Lorenz. Die Behandlung von Wortabrufstörungen bei Aphasie: Der Vergleich zweier Kompensationsstrategien. *Die Sprachheilarbeit*, 54:39–47, 2009.
- [11] R. Bagby, J. Parker, and G. Taylor. The twenty-item Toronto Alexithymia Scale-I. Item selection and cross-validation of the factor structure. *Journal of Psychosomatic Research*, 38:23–32, 1994.
- [12] S. Baron-Cohen and S. Wheelwright. The empathy quotient: an investigation of adults with Asperger syndrome or high functioning autism, and normal sex differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(2):163–175, 2004.
- [13] J. Barth and A. Bastiani. A longitudinal study of emotion recognition and preschool children’s social behavior. *Merrill-Palmer Quarterly*, 43(1):107–128, 1997.

- [14] C. Bartneck, E. Croft, D. Kulic, and S. Zoghbi. Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics*, 1(1):71–81, 2009.
- [15] C. Bartneck, A. Masuoka, T. Takahashi, and T. Fukaya. The learning experience with electronic museum guides. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 1:18–25, 2006.
- [16] C. Bartneck, T. Nomura, T. Kanda, T. Suzuki, and K. Kato. Cultural differences in attitudes towards robots. In *Proceedings of the Symposium on Robot Companions (SSAISB 2005)*, pages 1–4, 2005.
- [17] C. Batson. These things called empathy: Eight related but distinct phenomena. In W. Decety, C., Ickes, editor, *The social neuroscience of empathy*, pages 3–15. MIT Press, Cambridge, MA, 2009.
- [18] J. Bavelas, J.B., Black, A., Lemery, C.R., Mullett. I show how you feel: Motor mimicry as a communicative act. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(2):322–329, 1986.
- [19] H. Becker, M. Scheermeister, M. Früh, Y. Treusch, H. Auerbach, R. Hüppi, and F. Meier. *Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung*. vdf Hochschulverlag, Zürich, 2013.
- [20] J. Beer and L. Takayama. Mobile remote presence systems for older adults: acceptance, benefits, and concerns. In *Proceedings of the 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2011)*, pages 19–26. ACM, 2011.
- [21] J. M. Beer, C.-A. Smarr, T. L. Chen, A. Prakash, T. L. Mitzner, C. C. Kemp, and W. A. Rogers. The domesticated robot. In *Proceedings of the 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2012)*, pages 335–342. ACM, Mar. 2012.
- [22] R. Bemelmans, G. Gelderblom, P. Jonker, and L. De Witte. Socially assistive robots in elderly care: A systematic review into effects and effectiveness. *Journal of the American Medical Directors Association*, 13(2):114–120, 2012.
- [23] C. Bereiter. Some persisting dilemmas in the measurement of change. In C. Harris, editor, *Problems in measuring change*, pages 3–20. The University of Wisconsin Press, Madison, 1963.
- [24] A. Bergin. Cognitive therapy and behavior therapy: Foci for a multidimensional approach to treatment. *Behavior Therapy*, 1(2):205–212, 1970.
- [25] C. Berns and H. Jochen. Control of facial expressions of the humanoid robot head ROMAN. In *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2006)*, pages 3119–3124. IEEE, 2006.
- [26] S. Bhogal, R. Tesell, and M. Speechley. Intensity of aphasia therapy, impact of recovery. *Stroke*, 34:987–993, 2003.
- [27] G. Böhme. *Sprach-, Sprech-, Stimm- und Schluckstörungen. Band 1: Klinik*. Elsevier, Urban & Fischer Verlag, München, 4 edition, 2003.
- [28] S. Bölte. *Autismus. Spektrum, Ursachen, Diagnostik, Intervention, Perspektiven*. Huber, Bern, 2009.
- [29] Z. Boraston, S. Blakemore, R. Chilvers, and D. Skuse. Impaired sadness recognition is linked to social interaction deficit in autism. *Neuropsychologia*, 45(7):1501–1510, 2007.

-
- [30] J. Bortz and N. Döring. *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer, Berlin, Heidelberg, 3 edition, 2005.
- [31] H. Boukricha. *Simulating empathy in virtual humans*. PhD thesis, Universität Bielefeld, Bielefeld, 2013.
- [32] H. Boukricha and I. Wachsmuth. Empathy-based emotional alignment for a virtual human: A three-step approach. *KI-Künstliche Intelligenz*, 25(3):195–204, 2011.
- [33] D. Bowers, L. Blonder, and K. Heilman. *The Florida affect battery*. University of Florida, Gainesville, FL, 1991.
- [34] E. Bräunling. Herbstgespräche im Blumenhimmel.
- [35] C. Breazeal. Affective interaction between humans and robots. *Advances in Artificial Life. Lecture Notes in Computer Science*, 2159:582–591, 2001.
- [36] C. Breazeal, D. Buchsbaum, and J. Gray. Learning from and about others: Towards using imitation to bootstrap the social understanding of others by robots. *Artificial life*, 11(1/2):31–62, 2005.
- [37] C. Breitenstein. *Affektverarbeitung nach kortikaler und subkortikaler Hirnchädigung: Die Tübinger Affekt Batterie*. Universität Tübingen, Tübingen, 1995.
- [38] C. Breitenstein, I. Daum, H. Ackermann, R. Lütgehetmann, and E. Müller. Erfassung der Emotionswahrnehmung bei zentralnervösen Läsionen und Erkrankungen: Psychometrische Gütekriterien der “Tübinger Affekt Batterie.”. *Neurologie und Rehabilitation*, 2(9):93–101, 1996.
- [39] C. Breitenstein, K. Kramer, M. Meinzer, A. Baumgärnter, A. Flöel, and S. Knecht. Intensives Sprachtraining bei Aphasie. *Der Nervenarzt*, 80(2):149–154, 2009.
- [40] E. Broadbent, V. Kumar, X. Li, J. Sollers, R. Q. Stafford, B. A. MacDonald, and D. M. Wegner. Robots with display screens: a robot with a more humanlike face display is perceived to have more mind and a better personality. *PloS One*, 8(8):e72589, Jan. 2013.
- [41] E. Broadbent, Y. Lee, and R. Stafford. Mental schemas of robots as more humanlike are associated with higher blood pressure and negative emotions in a human-robot interaction. *Journal of Social Robotics*, 3(3):291–297, 2011.
- [42] E. Broadbent, R. Stafford, and B. MacDonald. Acceptance of Healthcare Robots for the Older Population: Review and Future Directions. *International Journal of Social Robotics*, 1(4):319–330, Oct. 2009.
- [43] A. Bruce, I. Nourbakhsh, and R. Simmons. The role of expressiveness and attention in human-robot interaction. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, volume 4, pages 4138–4142. IEEE, 2002.
- [44] T. Bruns and N. Praun. *Biofeedback. Ein Handbuch für die therapeutische Praxis*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 2002.
- [45] Bundesamt für Statistik. *Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 18. November 2009 in Berlin*. 2009.

- [46] M. Butter, A. Rensma, J. Boxsel, S. Kalisingh, M. Schoona, M. Leis, G. Gelderblom, G. Cremers, M. Wilt, W. Kortekaas, A. Thielmann, K. Cuhls, A. Sachinopoulou, and I. Korhonen. Robotics for healthcare: final report. Technical report, TNO innovation for life, TU Delft, 2008.
- [47] M. G. Calvo, A. Fernández-Martín, and L. Nummenmaa. Perceptual, categorical, and affective processing of ambiguous smiling facial expressions. *Cognition*, 125(3):373–393, Dec. 2012.
- [48] N. Campbell. Perception of affect in speech-towards an automatic processing of paralinguistic information in spoken conversation. In *International Conference on Spoken Language Processing*, Jeju, 2004.
- [49] D. Canamero and J. Fredslund. I Show You How I Like You: Human-Robot Interaction through Emotional Expression and Tactile Stimulation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 31(5):454–459, 2001.
- [50] T. Chaminade, M. Zecca, S. Blakemore, A. Takanishi, C. Frith, S. Micera, P. Dario, G. Rizzolatti, V. Gallese, and A. Umiltà. Brain Response to a Humanoid Robot in Areas Implicated in the Perception of Human Emotional Gestures. *Plos One*, 5(7):1–12, 2010.
- [51] T. L. Chartrand and J. A. Bargh. The chameleon effect: the perception-behavior link and social interaction. *Journal of personality and social psychology*, 76(6):893–910, June 1999.
- [52] T. L. Chartrand and J. L. Lakin. The antecedents and consequences of human behavioral mimicry. *Annual Review of Psychology*, 64:285–308, Jan. 2013.
- [53] L. Cherney, R. Kaye, and R. Hitch. The best of both worlds: Combining synchronous and asynchronous telepractice in the treatment of aphasia. *SIG 2 Perspectives on Neuropsychology and Neurogenic Speech and Language Disorders*, 21(3):83–93, 2011.
- [54] L. Cherney and S. van Vuuren. Telerehabilitation, virtual therapists, and acquired neurologic speech and language disorders. *Seminars in Speech and Language*, 33(3):243–257, 2012.
- [55] L. R. Cherney, J. P. Patterson, A. Raymer, T. Frymark, and T. Schooling. Evidence-based systematic review: effects of intensity of treatment and constraint-induced language therapy for individuals with stroke-induced aphasia. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 51(5):1282–1299, Oct. 2008.
- [56] Y. Choe, H. Jung, J. Baird, and R. Grupen. Interdisciplinary Stroke Rehabilitation Delivered by a Humanoid Robot: Simultaneous vs. Alternating Therapy Schedules. In *41st Clinical Aphasiology Conference*, Fort Lauderdale, 2011.
- [57] Y.-k. Choe, H.-T. Jung, J. Baird, and R. A. Grupen. Multidisciplinary stroke rehabilitation delivered by a humanoid robot: Interaction between speech and physical therapies. *Aphasiology*, 27(3):252–270, Mar. 2013.
- [58] K. Church and P. Hanks. Word association Norms, Mutual Information, And Lexicography. *Computational Linguistics*, 16(1):22–29, 1990.
- [59] P. E. Clayson and M. J. Larson. Adaptation to emotional conflict: evidence from a novel face emotion paradigm. *PloS One*, 8(9):e75776, Jan. 2013.

-
- [60] G. Clore and A. Ortony. Psychological construction in the OCC model of emotion. *Emotion Review*, 5(4):335–343, 2013.
- [61] O. Collignon, S. Girard, F. Gosselin, S. Roy, D. Saint-Amour, M. Lassonde, and F. Lepore. Audio-visual integration of emotion expression. *Brain Research*, 1242:126–135, 2008.
- [62] R. Colombo, F. Pisano, A. Mazzone, C. Delconte, S. Micera, M. Carrozza, P. Dario, and G. Minuco. Design strategies to improve patient motivation during robot-aided rehabilitation. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 4(3):1–12, 2007.
- [63] L. Conty and G. Dezechache. Early binding of gaze, gesture, and emotion: neural time course and correlates. *The Journal of Neuroscience*, 32(13):4531–4539, 2012.
- [64] H. Cramer, J. Goddijn, B. Wielinga, and V. Evers. Effects of (In)Accurate Empathy and Situational Valence on Attitudes towards Robots. In *Proceedings of the 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot-Interaction (HRI 2010)*, pages 141–142. ACM, 2010.
- [65] S. Czaja and J. Sharit. Age differences in attitudes toward computers. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 53(3):329–340, 1998.
- [66] O. Damm, K. Dreier, F. Hegel, P. Jaecks, P. Stenneken, B. Wrede, and M. Hielscher-Fastabend. Communicating emotions in robotics: Towards a model of emotional alignment. In *Proceedings of the Workshop: The role of expectations in intuitive human-robot interaction. On the 6th International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2011)*, pages 5–10, 2011.
- [67] O. Damm, K. Malchus, P. Jaecks, S. Krach, F. Paulus, M. Naber, P. Stenneken, and B. Wrede. Different gaze behavior in human-robot interaction in Asperger’s syndrome: An eye-tracking study. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2013)*, pages 268–269. IEEE, 2013.
- [68] O. Damm, K. Malchus, P. Jaecks, P. Stenneken, and B. Wrede. A layered model for emotional human-robot interaction. In *4th European Conference on Emotion (CERE)*, Centerbury, 2012.
- [69] O. Damm and B. Wrede. Communicating emotions: a model for natural emotions in HRI. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Human-Agent Interaction*, pages 269–272. ACM, 2014.
- [70] K. Dautenhahn. Socially intelligent robots: dimensions of human–robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480):679–704, 2007.
- [71] K. Dautenhahn and A. Billard. Games children with autism can play with Robota, a humanoid robotic doll. In S. Keates, P. Langdon, P. Clarkson, and P. Robinson, editors, *Universal Access and Assistive Technology*, pages 179–190. Springer, London, 2002.
- [72] K. Dautenhahn, C. Nehaniv, M. Walters, B. Robins, H. Kose-Bagci, N. Mirza, and M. Blow. KASPAR—a minimally expressive humanoid robot for human–robot interaction research. *Applied Bionics and Biomechanics*, 6(3/4):369–397, 2009.
- [73] F. Davis. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 13(3):319–340, 1989.

- [74] F. Davis. User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3):475–487, 1993.
- [75] F. Davis, R. Bagozzi, and P. Warshaw. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8):982–1003, 1989.
- [76] M. Davis. *Empathy: A social psychological approach*. Westview Press, Boulder, CO, 1996.
- [77] R. De Bleser, J. Cholewa, N. Stadie, and S. Tabatabaie. *LEMO - Lexikon modellorientiert: Einzelfalldiagnostik bei Aphasie, Dyslexie und Dysgraphie*. Elsevier, Urban & Fischer Verlag, München, 2004.
- [78] B. de Gelder, G. Pourtois, J. Vroomen, and A. C. Bachoud-Lévi. Covert processing of faces in prosopagnosia is restricted to facial expressions: evidence from cross-modal bias. *Brain and Cognition*, 44(3):425–444, Dec. 2000.
- [79] G. V. de Perre, R. Simut, B. Vanderborght, J. Saldien, and D. Lefeber. About the design of the social robot Probo, facilitator for ASD therapies. In *9th National Congress on Theoretical and Applied Mechanics*, Brüssel, 2012.
- [80] J. de Ruiter. Methodological paradigms in interaction research. In I. Wachsmuth, J. de Ruiter, P. Jaecks, and S. Kopp, editors, *Alignment in Communication : Towards a New Theory of Communication*, pages 11–32. John Benjamins Publishing Company, Amsterdam, 2013.
- [81] J. Decety and P. L. Jackson. The functional architecture of human empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3(2):71–100, 2004.
- [82] M. Diaz, J. Saez-Pons, M. Heerink, and C. Angulo. Emotional factors in robot-based assistive services for elderly at home. In *2013 IEEE RO-MAN*, pages 711–716. IEEE, Aug. 2013.
- [83] U. Dimberg. Facial reactions to facial expressions. *Psychophysiology*, 19(6):643–7, Nov. 1982.
- [84] U. Dimberg, M. Thunberg, and K. Elmehed. Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. *Psychological Science*, 11(1):86–89, Jan. 2000.
- [85] S. Dodd. *Autismus: was Betreuer und Eltern wissen müssen*. Elsevier, Spektrum Akad. Verlag, München, 2007.
- [86] R. Doherty. The emotional contagion scale: A measure of individual differences. *Journal of Nonverbal Behavior*, 21(2):131–154, 1997.
- [87] R. Dolan, J. Morris, and B. de Gelder. Crossmodal binding of fear in voice and face. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(17):10006–10010, 2001.
- [88] S. Dubal, A. Foucher, R. Jouvent, and J. Nadel. Human brain spots emotion in non humanoid robots. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, nsq019:1–8, 2010.
- [89] F. Durso, K. Geldbach, and P. Corballis. Detecting Confusion Using Facial Electromyography. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(1):60–69, 2012.

-
- [90] I. Dziobek, M. Bahnemann, A. Convit, and H. Heekeren. The role of the fusiform-amygdala system in the pathophysiology of autism. *Archives of General Psychiatry*, 67:397–405, 2010.
- [91] J. Eckert. *Der therapeutische Prozess in der Praxis*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [92] A. Edwards. *Likelihood*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984.
- [93] E. Eger, A. Jedynak, T. Iwaki, and W. Skrandies. Rapid extraction of emotional expression: evidence from evoked potential fields during brief presentation of face stimuli. *Neuropsychologia*, 41(7):808–817, 2003.
- [94] P. Ekman. Facial expression and emotion. *American Psychologist*, 48(4):348–392, 1993.
- [95] P. Ekman and W. Friesen. Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2):124–129.
- [96] P. Ekman and W. Friesen. *Facial Action Coding System*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA, 1978.
- [97] C. Elliott. Using the affective reasoner to support social simulations. *Artificial Intelligence Journal (IJCAI)*, 93:194–200, 1993.
- [98] D. Emerich, N. Creaghead, S. Grether, D. Murray, and C. Grasha. The comprehension of humorous materials by adolescents with high-functioning autism and asperger’s syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(3):253–257, 2003.
- [99] J. Eriksson, M. Mataric, and C. Winstein. Hands-Off Assistive Robotics for Post-Stroke Arm Rehabilitation. In *Proceedings of the 9th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR 2005)*, pages 21–24. IEEE, 2005.
- [100] N. Esau, E. Wetzel, L. Kleinjohann, and B. Kleinjohann. Real-Time Facial Expression Recognition Using a Fuzzy Emotion Model. In *Proceedings of the IEEE International Fuzzy Systems Conference*, pages 1–6. IEEE, June 2007.
- [101] F. Eyssel and F. Hegel. (S) he’s Got the Look: Gender Stereotyping of Robots. *Journal of Applied Social Psychology*, 42:2213–2230, 2012.
- [102] F. Eyssel, D. Kuchenbrandt, S. Bobinger, L. de Ruitter, and F. Hegel. ‘If you sound like me, you must be more human’: on the interplay of robot and user features on human-robot acceptance and anthropomorphism. In *Proceedings of the 7th ACM/IEEE Conference on Human-Robot-Interaction (HRI 2012)*, pages 125–126. ACM, 2012.
- [103] J. Fasola and M. Mataric. Robot motivator: Increasing user enjoyment and performance on a physical/cognitive task. In *Proceedings of the 9th International Conference on Development and Learning (ICDL)*, pages 274–279. IEEE, 2010.
- [104] D. Feil-Seifer and M. Mataric. Defining socially assistive robotics. In *Proceedings of the 9th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR 2005)*, pages 465–468, 2005.
- [105] J. Feinberg and J. Aiello. Social Facilitation: A Test of Competing Theories 1. *Journal of Applied Social Psychology*, 36(5):1087–1109, 2006.
- [106] H. Feng, A. Gutierrez, J. Zhang, and M. Mahoor. Can NAO Robot Improve Eye-Gaze Attention of Children with High Functioning Autism? In *Proceedings of the IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI 2013)*, pages 484–484. IEEE, 2013.

- [107] B. Finn and J. Metcalfe. Scaffolding feedback to maximize long-term error correction. *Memory & Cognition*, 38(7):951–61, Oct. 2010.
- [108] T. Fong, I. Nourbakhsh, and K. Dautenhahn. A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4):143–166, Mar. 2003.
- [109] U. Franke. *Logopädisches Handlexikon*. Ernst Reinhardt Verlag, München, 7. edition, 2004.
- [110] B. L. Fredrickson. Cultivating positive emotions to optimize health and well-being. *Prevention & Treatment*, 3(1), 2000.
- [111] A. Fridlund. *Human facial expression: An evolutionary view*. Academic Press, San Diego, 1994.
- [112] A. J. Fridlund and J. T. Cacioppo. Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology*, 23(5):567–89, Sept. 1986.
- [113] C. Frumento, E. Messier, and V. Montero. History and Future of Rehabilitation Robotics. Technical report, Retrieved from:<http://digitalcommons.wpi.edu/atrc-projects/42>, Worcester, 2010.
- [114] J. Gaspers, K. Thiele, and P. Cimiano. An evaluation of measures to dissociate language and communication disorders from healthy controls using machine learning techniques. In *Proceedings of the 2nd ACM/SIGHIT International Health Informatics Symposium*, pages 209–218. ACM, 2012.
- [115] G. J. Gelderblom, M. De Wilt, G. Cremers, and A. Rensma. Rehabilitation robotics in robotics for healthcare; A roadmap study for the European Commission. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, pages 834–838. IEEE, June 2009.
- [116] S. Gelman. Psychological essentialism in children. *Trends in cognitive sciences*, 8(9):404–409, 2004.
- [117] F. Giganti and M. Esposito Ziello. Contagious and spontaneous yawning in autistic and typically developing children. *Current Psychology Letters. Behavior, Brain & Cognition*, 25(1):1–11, 2009.
- [118] N. Giullian, D. Ricks, A. Atherton, M. Colton, M. Goodrich, and B. Brinton. Detailed requirements for robots in autism therapy. In *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2010)*, pages 2595–2602. IEEE, 2010.
- [119] O. Göransson, K. Pettersson, P. Larsson, and B. Lennernas. Personal Attitudes towards Robot Assisted Healthcare - a pilot study in 111 respondents. In L. Bos, B. Blobel, A. Marsh, and D. Carroll, editors, *Medical and Care Componentics 5 - Technology and Informatics*, pages 56–60. IOS Press, Amsterdam, 2008.
- [120] M. Grohnfeldt and U. Lüdtkke. Sprachtherapie in inklusiven schulischen Kontexten. *Logos. Die Fachzeitschrift für akademische Sprachtherapie und Logopädie*, 2(21):117–121, 2013.
- [121] H.-M. Gross, C. Schroeter, S. Mueller, M. Volkhardt, E. Einhorn, A. Bley, C. Martin, T. Langner, and M. Merten. Progress in developing a socially assistive mobile home robot companion for the elderly with mild cognitive impairment. In *2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 2430–2437. IEEE, Sept. 2011.

-
- [122] A. Hackenfort, C. Eckers, U. Birkmann, B. Kröger, and C. Neuschaefer-Rube. Das Mendelsohn-Manöver in Kombination mit Oberflächen-EMG Biofeedback (sEMG) bei einem Einzelfall. In *30. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie (DGPP)*, Bochum, 2013.
- [123] H. Haker and W. Rössler. Empathy in schizophrenia: impaired resonance. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 259(6):352–361, 2009.
- [124] N. Hall, M. Boisvert, and R. Steele. Telepractice in the assessment and treatment of individuals with aphasia: A systematic review. *International Journal of Telerehabilitation*, 5(1):27–38, 2013.
- [125] F. Hardesty, D. Wechsler, and C. Bondy. *HAWIK: Hamburg-Wechsler Intelligenztest für Kinder*. Hans Huber, Bern, 1966.
- [126] R. Hassin. Yes it can: On the Functional Abilities of the Human Unconscious. *Perspectives on Psychological Science*, 8(2):195–207, 2013.
- [127] E. Hatfield and J. T. Cacioppo. *Emotional Contagion*. 1994.
- [128] R. Hatfield, E., Cacioppo, J.T., Rapson. *Emotional contagion*. Cambridge University Press, New York, 1994.
- [129] M. Heerink. *Assessing acceptance of assistive social robots by aging adults*. PhD thesis, Universiteit van Amsterdam, 2010.
- [130] M. Heerink, B. Kröse, V. Evers, and B. Wielinga. Assessing acceptance of assistive social agent technology by older adults: the almere model. *International Journal of Social Robotics*, 2(4):361–375, 2010.
- [131] F. Hegel. *Gestalterisch konstruktiver Entwurf eines sozialen Roboters*. Der Andere Verlag, Tönning, 2010.
- [132] F. Hegel, F. Eyssel, and B. Wrede. The social robot ‘Flöbi’: Key concepts of industrial design. In *Proceedings of the 19th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2010)*, pages 681–686. IEEE, 2010.
- [133] F. Hegel, T. Spexard, B. Wrede, G. Horstmann, and T. Vogt. Playing a different imitation game: Interaction with an Empathic Android Robot. In *Proceedings of the 6th IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots*, pages 56–61. IEEE, Dec. 2006.
- [134] R. Hepach and G. Westermann. Infants’ sensitivity to the congruence of others’ emotions and actions. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(1):16–29, 2013.
- [135] U. Hess and S. Blairy. Facial mimicry and emotional contagion to dynamic emotional facial expressions and their influence on decoding accuracy. *International Journal of Psychophysiology*, 40(2):129–141, 2001.
- [136] U. Hess and A. Fischer. Emotional Mimicry as Social Regulation. *Personality and Social Psychology Review*, 17(2):142–157, 2013.
- [137] U. Hess, S. Houde, and A. Fischer. Do we mimic what we see or what we know? In C. von Scheve and M. Salmela, editors, *Collective Emotions*, pages 94–107. Oxford University Press, Oxford, 2014.
- [138] A. Hess, U., Fischer. Emotional Mimicry: Why and When We Mimic Emotions. *Social and Personality Psychology Compass*, 8(2):45–57, 2014.

- [139] M. Hielscher-Fastabend. Emotionskonzepte und Prozesse emotionaler Sprachverarbeitung. *Habschr Universität Bielefeld, Bielefeld*, 2001.
- [140] M. Hielscher-Fastabend, P. Jaecks, and B. Schneider. Variationen emotionaler Kommunikation. In *Schlüsselqualifikation Sprache: Anforderungen - Standards - Vermittlung. Forum Angewandte Linguistik*. Lang Verlag, Tübingen, 2008.
- [141] R. Hinsch and U. Pfungsten. *Gruppentraining sozialer Kompetenzen. Grundlagen, Durchführung, Anwendungsbeispiele*. Beltz Verlag, Weinheim, 4 edition, 2002.
- [142] R. Hobson. The autistic child's appraisal of expressions of emotion. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 27(3):321–342, 1986.
- [143] M. Hoffman. Interaction of affect and cognition in empathy. In C. Izard, J. Kagan, and R. Zajonc, editors, *Emotions, cognition, and behavior*, pages 103–131. Cambridge University Press, New York, 1984.
- [144] G. Hofree, P. Ruvolo, M. S. Bartlett, and P. Winkielman. Bridging the Mechanical and the Human Mind: Spontaneous Mimicry of a Physically Present Android. *PLoS ONE*, 9(7):e99934, July 2014.
- [145] P. Holthaus, I. Lütkebohle, M. Hanheide, and S. Wachsmuth. Can I Help You? *Social Robotics. Lecture Notes in Computer Science.*, 6414:325–334, 2010.
- [146] G. Homburg and U. Lüdtke. Zur Komplexität sprachtherapeutischen Handelns. In M. Grohnfedt, editor, *Lehrbuch der Sprachheilpädagogik und Logopädie. Band 4. Beratung, Therapie und Rehabilitation*, pages 114–133. Verlag W. Kohlhammer, 2003.
- [147] W. Huber, K. Poeck, and L. Springer. Klinik und Rehabilitation der Aphasie. In *Forum Logopädie*. Thieme Verlag, Stuttgart, 2006.
- [148] W. Huber, K. Poeck, D. Weniger, and K. Willmes. *Aachener Aphasie Test (AAT)*. Hogrefe, Göttingen, 1983.
- [149] B. Hubert, B. Wicker, E. Monfardini, and C. Deruelle. Electrodermal reactivity to emotion processing in adults with autistic spectrum disorders. *Autism*, 13(1):9–19, 2009.
- [150] E. Hyun, H. Yoon, and S. Son. Relationships between user experiences and children's perceptions of the education robot. In *Proceedings of the 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2010)*, pages 199–200. IEEE, Mar. 2010.
- [151] C. Iven and H. Grötzbach. *ICF in der Sprachtherapie*. Schulz-Kirchner Verlag GmbH, Idstein, 2009.
- [152] P. Jaecks. *Restaphasie: eine empirische Untersuchung von linguistischer Symptomatik, Gesprächsverhalten, Differentialdiagnose und Ursache minimal aphasischer Störungen nach Schlaganfall*. PhD thesis, Universität Bielefeld, 2006.
- [153] P. Jaecks. *Restaphasie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2014.
- [154] P. Jaecks, O. Damm, M. Hielscher-Fastabend, K. Malchus, P. Stenneken, and B. Wrede. What is the link between emotional and communicative alignment in interaction? In I. Wachsmuth, J. De Ruiter, P. Jaecks, and S. Kopp, editors, *Advances in Interaction Studies: Alignment in Communication. Towards a New Theory of Communication*, volume 6, pages 205–224. John Benjamins Publishing Company, Amsterdam, 2013.

-
- [155] P. Jaecks and M. Hielscher-Fastabend. Emotional Alignment in Communication. In *38th Clinical Aphasiology Conference*, Jackson Hole, WY, 2008.
- [156] P. Jaecks, K. Richter, I. Finkeldey, C. Rabsahl, and P. Stenneken. Emotional Alignment in Patients with Parkinson’s disease. In *Conference of NeuroPsycholinguistic Perspectives on Aphasia*, Toulouse, 2012.
- [157] T. Kanda, R. Sato, N. Saiwaki, and H. Ishiguro. A Two-Month Field Trial in an Elementary School for Long-Term Human–Robot Interaction. *IEEE Transactions on Robotics*, 23(5):962–971, Oct. 2007.
- [158] T. Kanda, M. Shimada, and S. Koizumi. Children learning with a social robot. In *Proceedings of the 7th AMC/IEEE International Conference on Human-Robot-Interaction (HRI 2012)*, pages 351–358. ACM Press, 2012.
- [159] J. Kätsyri, V. Klucharev, M. Frydrych, and M. Sams. Identification of synthetic and natural emotional facial expressions. In *Proceedings of the International Conference on Audio-Visual Speech Processing (AVSP 2003)*, pages 239–244, 2003.
- [160] C. Keck and C. Doarn. Telehealth technology applications in speech-language pathology. *Telemedicine and e-Health*, 20(7):653–659, 2014.
- [161] S. Kempf, N. Lauer, S. Corsten, and S. Voigt-Radloff. Potentialanalyse zu logopädischem Kommunikationstraining bei Aphasie nach Schlaganfall. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 108:45–52, Jan. 2014.
- [162] A. Kendon. The role of visible behavior in the organization of social interaction. In M. von Cranach and L. Vine, editors, *Social Communication and Movement*, pages 29–74. Wiley, London, New York, 1973.
- [163] A. Kipp and F. Kummert. Dynamic dialog system for human robot collaboration. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2014)*, pages 225–228. ACM, Oct. 2014.
- [164] T. Klamer and S. B. Allouch. Acceptance and use of a social robot by elderly users in a domestic environment. In *Proceedings of the 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, pages 1–8. IEEE, 2010.
- [165] I. Kolassa, S. Kolassa, S. Bergman, R. Lauche, S. Dilger, W. Miltner, and F. Musial. Interpretive bias in social phobia: An ERP study with morphed emotional schematic faces. *Cognition and Emotion*, 23(1):69–95, 2009.
- [166] H. Kozima, C. Nakagawa, and Y. Yasuda. Interactive robots for communication-care: a case-study in autism therapy. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2005)*, pages 341–346. IEEE, 2005.
- [167] S. Krach, F. Hegel, B. Wrede, G. Sagerer, F. Binkowski, and T. Kircher. Can machines think? Interaction and perspective taking with robots investigated via fMRI. *PLoS One*, 3(7):e2597, 2008.
- [168] M. Kramer, R. Yaghoubzadeh, S. Kopp, and K. Pitsch. A conversational virtual human as autonomous assistant for elderly and cognitively impaired users? Social acceptability and design considerations. *Lecture Notes in Informatics (LNI)*, P-220:1119, 2013.

- [169] G. Krampen and G. Hank. Prozessdiagnostik und kontrollierte Praxis. In B. Röhrle, F. Caspar, and P. Schlottke, editors, *Lehrbuch der klinisch-psychologischen Diagnostik*, pages 300–329. Kohlhammer, Stuttgart, 2008.
- [170] H. I. Krebs, M. Ferraro, S. P. Buerger, M. J. Newbery, A. Makiyama, M. Sandmann, D. Lynch, B. T. Volpe, and N. Hogan. Rehabilitation robotics: pilot trial of a spatial extension for MIT-Manus. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 1(1):5, Oct. 2004.
- [171] B. Kreifelts, T. Ethofer, W. Grodd, M. Erb, and D. Wildgruber. Audiovisual integration of emotional signals in voice and face: an event-related fMRI study. *Neuroimage*, 37(4):1445–1456, 2007.
- [172] C. Kulich, T. El-Sehity, and E. Kirchler. Zur strukturellen Analyse sozialer Vorstellungen: lexikographische Analyse von freien Assoziationen. In *Proceedings of the 4th Workshop Qualitative Inhaltsanalyse*, pages 1–11, 2005.
- [173] I. Kuo and J. Rabindran. Age and gender factors in user acceptance of healthcare robots. In *Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2009)*, pages 214–219. IEEE, 2009.
- [174] G. Kwakkel, B. J. Kollen, and H. I. Krebs. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22(2):111–121, Jan. 2007.
- [175] C. Lathan, A. Brisben, and C. Safos. Cosmobot levels the playing field for disabled children. *Interactions*, 12(2):14–16, 2005.
- [176] A. Lee, R. Hobson, and S. Chiat. I, you, me, and autism: An experimental study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(2):155–176, 1994.
- [177] I. Leite, G. Castellano, A. Pereira, C. Martinho, and A. Paiva. Modelling empathic behaviour in a robotic game companion for children. In *Proceedings of the 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2012)*, page 367. ACM, Mar. 2012.
- [178] I. Leite, A. Pereira, S. Mascarenhas, C. Martinho, R. Prada, and A. Paiva. The influence of empathy in human–robot relations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(3):250–260, Mar. 2013.
- [179] H. Leventhal and K. Scherer. The Relationship of Emotion to Cognition: A Functional Approach to a Semantic Controversy. *Cognition & Emotion*, 1(1):3–28, Mar. 1987.
- [180] F. Lier, S. Schulz, and I. Lütkebohle. Continuous integration for iterative validation of simulated robot models. In I. Noda, N. Ando, D. Brugali, and J. Kuffner, editors, *Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots. Lecture Notes in Computer Science*, volume 7628, pages 101–112. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [181] F. Lier, S. Schulz, and S. Wachsmuth. Reality check!: a physical robot versus its simulation. In *Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2014)*, page 331. ACM, 2014.
- [182] K. Likowski, A. Mühlberger, B. Seibt, P. Pauli, and P. Weyers. Processes underlying congruent and incongruent facial reactions to emotional facial expressions. *Emotion*, 11(3):457–467, 2011.

-
- [183] K. U. Likowski, A. Mühlberger, B. Seibt, P. Pauli, and P. Weyers. Modulation of facial mimicry by attitudes. *Journal of Experimental Social Psychology*, 44(4):1065–1072, July 2008.
- [184] C. Liu, K. Conn, N. Sarkar, and W. Stone. Online Affect Detection and Robot Behavior Adaptation for Intervention of Children with Autism. *IEEE Transactions on Robotics*, 24(4):883–896, 2008.
- [185] M. Lohse, F. Hegel, and B. Wrede. Domestic Applications for social robots - a user study on appearance and function. *Journal of Physical Agents*, 2(2):21–32, 2008.
- [186] C. Lord, M. Rutter, and A. Le Couteur. Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(5):659–685, 2005.
- [187] K. Loveland, D. Pearson, B. Tunali-Kotoski, J. Ortegon, and M. Gibbs. Judgements of social appropriateness by children and adolescents with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(4):367–376, 2001.
- [188] U. Lüdtke. Emotionen im Unterricht - Theorie und Praxis einer Relationalen Didaktik im Förderschwerpunkt Sprache. In M. Grohnfeldt, editor, *Lehrbuch der Sprachheilpädagogik und Logopädie*, pages 101–119. Kohlhammer, Stuttgart, 5 edition, 2004.
- [189] U. Lüdtke. Relational emotions in semiotic and linguistic development. Towards an intersubjective theory of language learning and language therapy. In J. Foolen, A., Lüdtke, U., Racine, T.P., Zlatev, editor, *Moving ourselves, moving others: Motion and emotion in intersubjectivity, consciousness and language*, volume 6, pages 305–346. John Benjamins Publishing Company, Amsterdam, 2012.
- [190] I. Luetkebohle, F. Hegel, S. Schulz, M. Hackel, B. Wrede, S. Wachsmuth, and G. Sagerer. The bielefeld anthropomorphic robot head “Flobi”. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 3384–3391. IEEE, May 2010.
- [191] J. G. Lyon, D. Cariski, L. Keisler, J. Rosenbek, R. Levine, J. Kumpula, C. Ryff, S. Coyne, and M. Blanc. Communication partners: Enhancing participation in life and communication for adults with aphasia in natural settings. *Aphasiology*, 11(7):693–708, July 1997.
- [192] M. Magnée, J. J. Stekelenburg, C. Kemner, and B. de Gelder. Similar facial electromyographic responses to faces, voices, and body expressions. *NeuroReport*, 18(4):369–372, 2007.
- [193] K. Malchus, O. Damm, P. Jaecks, P. Stenneken, and B. Wrede. Dynamic emotional facial expressions: a new dataset of robotic and human stimuli. In *Interdisziplinäres Kolleg (IK): Emotion and Aesthetics*, Günne, 2012.
- [194] K. Malchus, O. Damm, P. Jaecks, P. Stenneken, and B. Wrede. Web-based vs. Controlled Environment: About the Reliability of Stimuli Ratings in Human-Robot Interaction. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2013)*, page 323. IEEE, 2013.
- [195] K. Malchus, P. Jaecks, O. Damm, P. Stenneken, C. Meyer, and B. Wrede. The role of emotional congruence in human-robot interaction. In *Proceedings of the 8th ACM/IEEE Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2013)*, pages 191–192. ACM, Mar. 2013.

- [196] K. Malchus, P. Jaecks, B. Wrede, and P. Stenneken. Einsatz sozialer Roboter in der Sprachtherapie?! Erhebung eines Stimmungsbildes von SprachtherapeutInnen. *Logos. Die Fachzeitschrift für akademische Sprachtherapie und Logopädie*, 2:106–116, 2013.
- [197] K. Malchus, K. Thiele, P. Jaecks, and P. Stenneken. Emotionales Wohlbefinden als Kontextfaktor in ICF-orientierter Sprachtherapie. In *Workshop des Bundesverbandes Klinische Linguistik (BKL)*, Berlin, 2012.
- [198] W. McDougall. Of the words character and personality. *Journal of Personality*, 1(1):3–16, 1932.
- [199] M. McGill. Learning to program with personal robots: Influences on student motivation. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 12(1):Article No. 4, 2012.
- [200] D. McIntosh. Facial feedback hypotheses: Evidence, implications, and directions. *Motivation and Emotion*, 20(2):121–147, 1996.
- [201] D. N. Mcintosh. Spontaneous facial mimicry, liking and emotional contagion. *Polish Psychological Bulletin*, 37:31–42, 2006.
- [202] S. McKissock and J. Ward. Do errors matter? Errorless and errorful learning in anomie picture naming. *Neuropsychological Rehabilitation*, 17(3):355–373, June 2007.
- [203] G. Melson, P. Kahn, A. Beck, and B. Friedman. Toward Understanding Children’s and Adults’ Encounters with Social Robots. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Human Implications of Human-Robot Interaction*, pages 36–42, 2006.
- [204] A. Meltzoff and M. Moore. Explaining facial imitation: A theoretical model. *Early Development & Parenting*, 6(3/4):179–192, 1997.
- [205] T. Merten. Die Anwendung des Wortassoziationstest in der Gedächtnisdiagnostik bei älteren Patienten. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 15(1):1–12, 2002.
- [206] M.-M. Mesulam. Primary Progressive Aphasia - A Language-Based Dementia. *The New England Journal of Medicine*, 349:1535–1542, 2003.
- [207] S. Meyer. *Mein Freund der Roboter. Servicerobotik für ältere Menschen - eine Antwort auf den demographischen Wandel?* VDE Verlag, Berlin, 2011.
- [208] T. L. Mitzner, C. C. Kemp, W. Rogers, and L. Tiberio. Investigating healthcare providers’ acceptance of personal robots for assisting with daily caregiving tasks. In *CHI ’13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pages 499–504. ACM, Apr. 2013.
- [209] S. Morelli and M. Lieberman. The role of automaticity and attention in neural processes underlying empathy for happiness, sadness, and anxiety. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7:160, 2013.
- [210] M. Mori. Bukimi no tani [The uncanny valley]. *Energy*, 7(4):33–35, 1970.
- [211] E. Moser, B. Derntl, S. Robinson, and B. Fink. Amygdala activation at 3T in response to human and avatar facial expressions of emotions. *Journal of Neuroscience Methods*, 161(1):126–133, 2007.
- [212] E. Mower, M. J. Mataric, and S. Narayanan. Human perception of synthetic character emotions in the presence of conflicting and congruent vocal and facial expressions. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pages 2201–2204. IEEE, Mar. 2008.

-
- [213] O. Mubin and A. Al Mahmud. Exploring multimodal robotic interaction through storytelling for Aphasics. In *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction*, pages 145–146. British Computer Society, 2008.
- [214] O. Mubin, S. Shahid, E. van de Sande, E. Kraemer, M. Swerts, C. Bartneck, and L. Feijs. Using child-robot interaction to investigate the user acceptance of constrained and artificial languages. In *Proceedings of the 19th International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2010)*, pages 588–593. IEEE, Sept. 2010.
- [215] V. Müller, E. Cieslik, T. Kellermann, and S. Eickhoff. Crossmodal emotional integration in major depression. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(6):839–848, 2014.
- [216] V. I. Müller, T. S. Kellermann, S. C. Seligman, B. I. Turetsky, and S. B. Eickhoff. Modulation of affective face processing deficits in Schizophrenia by congruent emotional sounds. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(4):436–444, Apr. 2014.
- [217] G. Nejat and M. Ficocelli. Social intelligence for a task-driven assistive robot. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (ASME 2010)*, pages 1555–1563. American Society of Mechanical Engineers, 2010.
- [218] D. Nelson, C. McEvoy, and S. Dennis. What is free association and what does it measure? *Memory & Cognition*, 28:887–899, 2000.
- [219] P. M. Niedenthal, M. Brauer, J. B. Halberstadt, and A. Innes-Ker. When did her smile drop? Facial mimicry and the influences of emotional state on the detection of change in emotional expression. *Cognition & Emotion*, 15(6):853–864, 2001.
- [220] P. M. Niedenthal, M. Mermillod, M. Maringer, and U. Hess. The Simulation of Smiles (SIMS) model: Embodied simulation and the meaning of facial expression. *The Behavioral and brain sciences*, 33(6):417–433, Dec. 2010.
- [221] T. Nomura, T. Kanda, T. Suzuki, and K. Kato. Psychology in human-robot communication: An attempt through investigation of negative attitudes and anxiety toward robots. In *Proceedings of the 13th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2004)*, pages 35–40. IEEE, 2004.
- [222] T. Nomura, T. Suzuki, T. Kanda, and K. Kato. Measurement of anxiety toward robots. In *Proceedings of the 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2006)*, pages 372–377. IEEE, 2006.
- [223] L. Oberman, P. Winkielman, and V. Ramachandran. Slow echo: facial EMG evidence for the delay of spontaneous, but not voluntary, emotional mimicry in children with autism spectrum disorders. *Developmental Science*, 12(4):510–520, 2009.
- [224] L. M. Oberman, P. Winkielman, and V. S. Ramachandran. Face to face: blocking facial mimicry can selectively impair recognition of emotional expressions. *Social Neuroscience*, 2(3-4):167–178, Jan. 2007.
- [225] R. Oldfield. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1):97–113, 1971.
- [226] S. Patel, L. Malkani, A. Celiz, T. Shah, and B. Pfister. Literary enhancement and physical therapy among children using robotics. In *Proceedings of the 38th Annual Northeast Bioengineering Conference (NEBEC)*, pages 341–342. IEEE, Mar. 2012.

- [227] C. Paulus. *Der Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen SPF (IRI) zur Messung von Empathie: Psychometrische Evaluation der deutschen Version des Interpersonal Reactivity*. <http://psychok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2009/2363/>, 2009.
- [228] J. Peltason, N. Riether, B. Wrede, and I. Lütkebohle. Talking with Robots about Objects: A system-level evaluation in HRI. In *Proceedings of the 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot-Interaction (HRI 2012)*, pages 479–486. ACM, 2012.
- [229] J. Peltason and B. Wrede. Pamini: A framework for assembling mixed-initiative human-robot interaction from generic interaction patterns. In *Proceedings of the 11th Annual Meeting of the Special Interest Group on Discourse and Dialogue*, pages 229–232. Association for Computational Linguistics, 2010.
- [230] J. Peltason and B. Wrede. The Curious Robot as a Case-Study for Comparing Dialog Systems. *AI Magazine*, 32(4):85–99, 2011.
- [231] M. J. Pickering and S. Garrod. Toward a mechanistic psychology of dialogue. *The Behavioral and Brain Sciences*, 27(2):169–226, Apr. 2004.
- [232] G. Pioggia and R. Iglizzi. An android for enhancing social skills and emotion recognition in people with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 13(4):507–515, 2005.
- [233] G. Pioggia, R. Iglizzi, M. Sica, M. Ferro, F. Muratori, A. Ahluwalia, and D. De Rossi. Exploring emotional and imitational andorid-based interactions in autistic spectrum disorders. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation*, 1(1):49–61, 2008.
- [234] C. Plaisant, A. Druin, C. Lathan, K. Dakhane, K. Edwards, Vice, J, and J. Montemayor. A storytelling robot for pediatric rehabilitation. In *Proceedings of the 4th International ACM Conference on Assistive Technologies*, pages 50–55. ACM, 2000.
- [235] R. Plutchik. Emotions: A general psychoevolutionary theory. In K. Scherer and P. Ekman, editors, *Approaches to emotion*, pages 197–219. Psychology Press, 1984.
- [236] A. Pourmoghaddam, M. Dettmer, D. O’Connor, W. Paloski, and C. Layne. Identification of Changing Lower Limb Neuromuscular Activation in Parkinson’s Disease during Treadmill Gait with and without Levodopa Using a Nonlinear Analysis. *Parkinson’s Disease*, 2015(Article ID 497825):1–8, 2015.
- [237] G. Pourtois, B. de Gelder, J. Vroomen, B. Rossion, and M. Crommelinck. The time-course of intermodal binding between seeing and hearing affective information. *Neuro-report*, 11(6):1329–33, Apr. 2000.
- [238] G. Pourtois, D. Debatisse, P. Despland, and B. de Gelder. Facial expressions modulate the time course of long latency auditory brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 14(1):99–105, 2002.
- [239] S. Preston and R. Stansfield. I know how you feel: Task-irrelevant facial expressions are spontaneously processed at a semantic level. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8(1):54–64, 2008.
- [240] M. Prior, B. Dahlstrom, and T. Squires. Autistic children’s knowledge of thinking and feeling states in other people. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 31(4):587–601, 1990.

-
- [241] G. Rau and C. Disselhorst-Klug. Principles of high-spatial-resolution surface EMG (HSR-EMG): single motor unit detection and application in the diagnosis of neuromuscular disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 7(4):233–239, 1997.
- [242] G. Rickheit. Alignment und Aushandlung im Dialog. *Zeitschrift für Psychologie*, 213(3):159–166, 2005.
- [243] D. J. Ricks and M. B. Colton. Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 4354–4359. IEEE, May 2010.
- [244] L. Riek. Wizard of oz studies in hri: a systematic review and new reporting guidelines. *Journal of Human-Robot Interaction*, 1(1):119–136, 2012.
- [245] Y. Rieke. *Die Akzeptanz robotischer Systeme im Kontext der Sprachtherapie bei Patienten mit neurologisch bedingten Sprach-, Sprech-, und Schluckstörungen*. Unveröffentlichte masterarbeit, Universität Bielefeld, 2013.
- [246] N. Riether. *On the profoundness and preconditions of social responses towards social robots: experimental investigations using indirect measurement techniques*. PhD thesis, Universität Bielefeld, 2013.
- [247] N. Riether, F. Hegel, B. Wrede, and G. Horstmann. Social facilitation with social robots? In *Proceedings of the 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2012)*, pages 41–47. ACM, 2012.
- [248] S. Rigato, E. Menon, T. Farroni, and M. H. Johnson. The shared signal hypothesis: effects of emotion-gaze congruency in infant and adult visual preferences. *British Journal of Developmental Psychology*, 31(1):15–29, Mar. 2013.
- [249] B. Robins, F. Amirabdollahian, and K. Dautenhahn. Investigating Child-Robot Tactile Interactions: A Taxonomical Classification of Tactile Behaviour of Children with Autism Towards a Humanoid Robot. In *Proceedings of the 6th International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI2013)*, pages 89–94. IEEE, 2013.
- [250] B. Robins and K. Dautenhahn. The role of the experimenter in hri research—a case study evaluation of children with autism interacting with a robotic toy. In *Proceedings of the 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2006)*, pages 646–651. IEEE, 2006.
- [251] B. Robins, K. Dautenhahn, and P. Dickerson. From isolation to communication: a case study evaluation of robot assisted play for children with autism with a minimally expressive humanoid robot. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI2009)*, pages 205–211. IEEE, 2009.
- [252] B. Robins, K. Dautenhahn, and P. Dickerson. Embodiment and Cognitive Learning—Can a Humanoid Robot Help Children with Autism to Learn about Tactile Social Behaviour? In S. Sam Ge, O. Khatib, J. Cabibihan, R. Simmons, and M. Williams, editors, *Social Robotics*, volume 7621, pages 66–75. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [253] B. Robins, K. Dautenhahn, and J. Dubowski. Does appearance matter in the interaction of children with autism with a humanoid robot? *Interaction Studies*, 7(3):509–542, 2004.
- [254] B. Robins, P. Dickerson, and K. Dautenhahn. Robots as embodied beings—Interactionally sensitive body movements in interactions among autistic children and a robot. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2005)*, pages 54–59. IEEE, 2005.

- [255] D. Rode, K. Hußmann, and W. Huber. Intensive Benennungstherapie für Objekt-Verb-Verbindungen: Zwei Einzelfallstudien bei chronischer nicht-flüssiger Aphasie. *Sprache, Stimme, Gehör*, 37(4):205–209, 2013.
- [256] C. Rogers. *Therapeut und Klient*. Kindler Verlag, München, 1977.
- [257] A. Rosenthal-von der Pütten, F. Schulte, S. Eimler, L. Hoffmann, S. Sobieraj, S. Maderwald, N. Krämer, and M. Brand. Neural correlates of empathy towards robots. In *Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2013)*, pages 215–216. ACM, 2013.
- [258] D. Rosset, C. Rondan, D. Da Fonseca, A. Santos, B. Assouline, and C. Deruelle. Typical emotional processing for cartoon but not for real faces in children with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(5):915–925, 2008.
- [259] D. Rühl, S. Bölte, S. Feineis-Matthews, and F. Poustka. Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen (ADOS). *Bern: Huber*, 2004.
- [260] J. Russell. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6):1161–1178, 1980.
- [261] B. D. Ruyter, P. Saini, P. Markopoulos, and A. Van Breemen. Assessing the effects of building social intelligence in a robotic interface for the home. *Interacting with computers*, 17(5):522–541, 2005.
- [262] H. Saile. Einzelfallstudien zur Evaluation von Interventionen von Lehrern bei unaufmerksamen Schülern im Unterricht. *Trierer Psychologische Berichte*, 34(1):1–17, 2007.
- [263] A. Schefflen. The significance of posture in communication systems. *Psychiatry*, 27:316–321, 1964.
- [264] K. Scherer. Emotion as a multicomponent process: A model and some cross-cultural data. *Review of Personality & Social Psychology*, 5:37–63, 1984.
- [265] S. Schmidt, D. Kisielwicz, and J. Heide. Die Rolle von Feedback in der Aphasietherapie: Eine Therapiestudie zur Behandlung von Wortfindungsstörungen. In S. Adelt, A. Fritzsche, T. Roß, J. Düsterhöft, editor, *Spektrum Patholinguistik 7: Schwerpunktthema: Hören - Zuhören - Dazugehören: Sprachtherapie bei Hörstörungen und Cochlea-Implantat*, pages 181–190. Universitätsverlag Potsdam, Potsdam, 2014.
- [266] M. Schomacher, A. Baumgaertner, B. Winter, H. Lohmann, C. Dobel, K. Wedler, S. Abel, S. Knecht, and C. Breitenstein. Erste Ergebnisse zur Effektivität eines intensiven und hochfrequenten repetitiven Benenn- und Konversationstrainings bei Aphasie. *Forum Logopädie*, 4:22–28, 2006.
- [267] C. Schroeter, S. Mueller, M. Volkhardt, E. Einhorn, C. Huijnen, H. van den Heuvel, A. van Berlo, A. Bley, and H.-M. Gross. Realization and user evaluation of a companion robot for people with mild cognitive impairments. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 1153–1159. IEEE, May 2013.
- [268] M. Scopelliti, M. Giuliani, and F. Fornara. Robots in a domestic setting: a psychological approach. *Universal Access in the Information Society*, 4(2):146–155, 2005.
- [269] X. Seron, M.-A. Van der Kaa, M. Vanderlinden, A. Remits, and P. Feyereisen. Decoding paralinguistic signals: Effect of semantic and prosodic cues on aphasics' comprehension. *Journal of Communication Disorders*, 15(3):223–231, June 1982.

-
- [270] D. Shamay-Tsoori, S.G., Aharon-Peretz, J., Perry. Two systems for empathy: A double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain*, 132(2):617–627, 2009.
- [271] S. Shamsuddin, H. Yussof, L. Ismail, S. Mohamed, F. Hanapiah, and N. Zahari. Initial response in HRI - a case study on evaluation of child with autism spectrum disorders interacting with a humanoid robot Nao. *Procedia Engineering*, 41:1448–1455, 2012.
- [272] R. Simut, C. Pop, J. Saldien, A. Rusu, S. Pintea, J. Vanderfaillie, D. David, and B. Vanderborght. Is the social robot probo an added value for social story intervention for children with autism spectrum disorders? In *Proceedings of the 7th annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2012)*, pages 235–236. ACM, 2012.
- [273] R. Simut, C. Pop, B. Vanderborght, J. Saldien, A. Rusu, S. Pintea, and D. David. The Huggable Social Robot Probo for Social Story Telling for Robot Assisted Therapy with ASD Children. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Social Robotics (ICSR 2011)*, pages 97–100, 2011.
- [274] C.-A. Smarr, T. L. Mitzner, J. M. Beer, A. Prakash, T. L. Chen, C. C. Kemp, and W. A. Rogers. Domestic Robots for Older Adults: Attitudes, Preferences, and Potential. *International Journal of Social Robotics*, 6(2):229–247, Dec. 2013.
- [275] J. Smith. Single-case experimental designs: A systematic review of published research and current standards. *Psychological Methods*, 17(4):510–550, 2012.
- [276] S. Sparrow, D. Cicchetti, and D. Balla. The vineland adaptive behavior scales. *Major Psychological Assessment Instruments*, 2:199–231, 1989.
- [277] N. Stadie and A. Schröder. *Kognitiv orientierte Sprachtherapie bei Aphasie, Dyslexie und Dysgraphie. Methoden, Material und Evaluation*. Elsevier, Urban & Fischer Verlag, München, 2008.
- [278] M. Stel, C. van den Heuvel, and R. Smeets. Facial feedback mechanisms in autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(7):1250–1258, 2008.
- [279] M. E. Stewart, C. McAdam, M. Ota, S. Peppé, and J. Cleland. Emotional recognition in autism spectrum conditions from voices and faces. *Autism*, 17(1):6–14, Jan. 2013.
- [280] S. Sünderhauf, E. Rupp, and J. Tesak. Supervidierte Teletherapie bei Aphasie: Ergebnisse einer BMBF-Studie. *Forum Logopädie*, 22(1):34–37, 2008.
- [281] L. Süssenbach, K. Pitsch, I. Berger, N. Riether, and F. Kummert. “Can you answer questions, Flobi?”: Interactionally defining a robot’s competence as a fitness instructor. In *Proceedings of the 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2012)*, pages 1121–1128. IEEE, 2012.
- [282] L. Süssenbach, N. Riether, S. Schneider, I. Berger, F. Kummert, I. Lütkebohle, and K. Pitsch. A robot as fitness companion: towards an interactive action-based motivation model. In *Proceedings of the 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2014)*, pages 286–293. IEEE, 2014.
- [283] D. Syrdal, K. Dautenhahn, K. Koay, and M. Walters. The negative attitudes towards robots scale and reactions to robot behaviour in a live human-robot interaction study. In

- Proceedings of the 23rd Convention of the Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behavior: Adaptive and Emergent Behaviour and Complex Systems (AISB 2009)*, pages 109–115, 2009.
- [284] E. Takano, T. Chikaraishi, Y. Matsumoto, Y. Nakamura, H. Ishiguro, and K. Sugamoto. Psychological effects on interpersonal communication by bystander android using motions based on human-like needs. In *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 3721–3726. IEEE, Oct. 2009.
- [285] M. Tamietto and B. de Gelder. Emotional contagion for unseen bodily expressions: Evidence from facial EMG. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition*, pages 1–5. IEEE, 2008.
- [286] A. Tapus and M. Mataric. Socially Assistive Robots: The Link between Personality, Empathy, Physiological Signals, and Task Performance. In *Proceedings of the AAAI Spring Symposium: Emotion, Personality and Social Behavior*, pages 133–140, 2008.
- [287] A. Tapus, A. Peca, A. Aly, and C. Pop. Children with autism social engagement in interaction with Nao, an imitative robot—A series of single case experiments. *Interaction Studies*, 13(3):315–347, 2012.
- [288] D. Tell and D. Davidson. Emotion recognition from congruent and incongruent emotional expressions and situational cues in children with autism spectrum disorder. *Autism*, 19(3):375–379, May 2014.
- [289] J. Tesak. *Grundlagen der Aphasietherapie*. Schulz-Kirchner Verlag, Idstein, 5 edition, 2006.
- [290] D. Theodoros. Telerehabilitation for service delivery in speech-language pathology. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 14(5):221–224, 2008.
- [291] K. Thiele. *Evaluation von Wortgenerierungsleistungen zur Diagnose kommunikativ-kognitiver Defizite*. PhD thesis, Bielefeld, 2013.
- [292] K. Thiele, J. Aippersbach, K. Lewandowski, K. Malchus, E. Zell, E. Dyck, M. Botsch, P. Stenneken, and M. Piefke. Training von Hirnfunktionen in der Virtuellen Realität bei Patienten mit Aphasie. In *1. Forschungstag des Departments Heilpädagogik und Rehabilitation*. Universität zu Köln, 2014.
- [293] K. Thiele, K. Malchus, P. Jaecks, and P. Stenneken. Lets talk about . . . emotion! Kommunikation von Emotion mit sprachbeeinträchtigten Patienten. In *12th Annual Conference of the Gesellschaft für Aphasieforschung und -behandlung (GAB)*, 2012.
- [294] M. Tielman, M. Neerinx, J. Meyer, and R. Looije. Adaptive emotional expression in robot-child interaction. *Proceedings of the 2014 International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2014)*, page 407.
- [295] P. Tiwari, J. Warren, K. Day, and B. McDonald. Some non-technology implications for wider application of robots assisting older people. *Health Care and Informatics Review Online*, 14(1):2–11, 2010.
- [296] N. Triplett. The dynamogenic factors in pacemaking and competition. *The American Journal of Psychology*, 9(4):507–533, 1898.
- [297] C. B. Truax, D. G. Wargo, J. D. Frank, S. D. Imber, C. C. Battle, R. Hoehn-Saric, E. H. Nash, and A. R. Stone. Therapist empathy, genuineness, and warmth and patient therapeutic outcome. *Journal of Consulting Psychology*, 30(5):395–401, 1966.

-
- [298] M. M. Y. Tse, A. P. K. Lo, T. L. Y. Cheng, E. K. K. Chan, A. H. Y. Chan, and H. S. W. Chung. Humor Therapy: Relieving Chronic Pain and Enhancing Happiness for Older Adults. *Journal of Aging Research*, 343574:1–9, 2010.
- [299] K. Tsui and H. Yanco. Assistive, rehabilitation, and surgical robots from the perspective of medical and healthcare professionals. In *Papers from the AAAI 2007 Workshop on Human Implications of HRI*, pages 34–39. AAAI, 2007.
- [300] S. Unnewehr, J. Margraf, and S. Schneider. *Diagnostisches Interview bei psychischen Störungen im Kindes- und Jugendalter (Kinder-DIPS)*. Springer, Heidelberg, 1995.
- [301] S. van Vuuren and L. Cherney. A Virtual Therapist for Speech and Language Therapy. In T. Bickmore, S. Marsella, and C. Sidner, editors, *Intelligent Virtual Agents*, volume 8637, pages 438–448. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.
- [302] J. Velásquez. Modeling emotions and other motivations in synthetic agents. In *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence (AAAI 1997)*, pages 10–15. AAAI, 1997.
- [303] V. Venkatesh, M. Morris, G. Davis, and F. Davis. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 27(3):425–478, 2003.
- [304] M. Vincze, W. Zagler, L. Lammer, A. Weiss, A. Huber, D. Fischinger, T. Koertner, A. Schmid, and C. Gisinger. Towards a Robot for Supporting Older People to Stay Longer Independent at Home. In *Proceedings of the 41st International Symposium on Robotics (ISR 2014)*, pages 1–7. VDE, 2014.
- [305] J. Volden and C. Lord. Neologisms and idiosyncratic language in autistic speakers. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 21(2):109–130, 1991.
- [306] M. von Aster, A. Neubauer, and R. Horn. *Hamburg-Wechsler-Intelligenz-Test für Erwachsene III*. Harcourt, Frankfurt, 2006.
- [307] A. von der Pütten, N. C. Krämer, and S. C. Eimler. Living with a robot companion. In *Proceedings of the 13th International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI 2011)*, pages 327–334. ACM, Nov. 2011.
- [308] K. Wada and T. Shibata. Living with seal robots - its sociopsychological and physiological influences on the elderly at a care house. *IEEE Transactions on Robotics*, 23(5):972–980, 2007.
- [309] K. Wada, T. Shibata, T. Musha, and S. Kimura. Effects of robot therapy for demented patients evaluated by EEG. In *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2005)*, pages 1552–1557. IEEE, 2005.
- [310] J. Wainer, K. Dautenhahn, B. Robins, and F. Amirabdollahian. A pilot study with a novel setup for collaborative play of the humanoid robot KASPAR with children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 6(1):45–65, 2014.
- [311] S. Wallace, M. Coleman, and A. Bailey. An investigation of basic facial expression recognition in autism spectrum disorders. *Cognition & Emotion*, 22(7):1353–1380, 2008.
- [312] H. Wallbott. Congruence, contagion, and motor mimicry: Mutualities in nonverbal exchange. In I. Markova, C. Graumann, and K. Foppa, editors, *Mutualities in Dialogue*, pages 82–98. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

- [313] R. Watson, M. Latinus, T. Noguchi, O. Garrod, F. Crabbe, and P. Belin. Dissociating task difficulty from incongruence in face-voice emotion integration. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(744):1–13, Jan. 2013.
- [314] J. Weber. Pflegerobotik – Technikphilosophische Reflexionen und technikethische Empfehlungen. In M. Müller, editor, *Der Mensch als Vorbild, Partner und Patient von Robotern. Bionik an der Schnittstelle Maschine-Mensch.*, pages 65–78. Rehberg-Loccum: Evangelische Akademie Loccum, 2009.
- [315] M. Wehmeyer, H. Grötzbach, and B. Schneider. Qualitätssicherung. In B. Schneider, M. Wehmeyer, and H. Grötzbach, editors, *Aphasie. Wege aus dem Sprachdschungel*, pages 253–269. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.
- [316] C. Wendt. *Soziale Kognition bei Patienten mit Hirnschädigungen*. PhD thesis, Bielefeld, 2012.
- [317] K. Werner, J. Oberzaucher, and F. Werner. Evaluation of Human Robot Interaction Factors of a Socially Assistive Robot Together with Older People. In *Proceedings of the 6th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems*, pages 455–460. IEEE, July 2012.
- [318] P. Weyers, A. Mühlberger, C. Hefele, and P. Pauli. Electromyographic responses to static and dynamic avatar emotional facial expressions. *Psychophysiology*, 43(5):450–453, Sept. 2006.
- [319] P. Weyers, A. Mühlberger, A. Kund, U. Hess, and P. Pauli. Modulation of facial reactions to avatar emotional faces by nonconscious competition priming. *Psychophysiology*, 46(2):328–335, Mar. 2009.
- [320] K. Wilkinson. Profiles of language and communication skills in autism. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 4(2):73–79, 1998.
- [321] P. Winkielman, M. Olszanowski, and M. Gola. Faces In-Between: Evaluations Reflect the Interplay of Facial Features and Task-Dependent Fluency. *Emotion*, 15(2):232–242, 2015.
- [322] P. Winkielman, M. Ziembowicz, and A. Nowak. The coherent and fluent mind: how unified consciousness is constructed from cross-modal inputs via integrated processing experiences. *Frontiers in Psychology*, 6(83):1–4, 2015.
- [323] P. Wittenburg, H. Brugman, A. Russel, A. Klassmann, and H. Sloetjes. Elan: a professional framework for multimodality research. In *Proceedings of the 5th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2006)*, pages 1–5, 2006.
- [324] J. Wolf, D. Fein, and N. Akshoomoff. Autism spectrum disorders and social disabilities. In J. Hunter, S.J., Donders, editor, *Pediatric Neuropsychological Intervention*, pages 151–174. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- [325] K. Wood, C. Lathan, and K. Kaufman. Development of an interactive upper extremity gestural robotic feedback system: From bench to reality. In *Proceedings of the IEEE International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society*, pages 5973–5976. IEEE, 2009.
- [326] World Health Organization. *International Classification of Functioning, Disability and Health (Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit, ICF)*. Genf, 2005.

- [327] B. Wrede, S. Kopp, K. Rohlfing, M. Lohse, and C. Muhl. Appropriate feedback in asymmetric interactions. *Journal of Pragmatics*, 42(9):2369–2384, 2010.
- [328] H. Wykypiel, G. J. Wetscher, A. Klaus, T. Schmid, M. Gadenstaetter, J. Bodner, and E. Bodner. Robot-assisted laparoscopic partial posterior fundoplication with the DaVinci system: initial experiences and technical aspects. *Deutsche Gesellschaft für Chirurgie/Langenbeck's archives of surgery*, 387(11/12):411–416, Feb. 2003.
- [329] R. Zajonc and S. Sales. Social facilitation of dominant and subordinate responses. *Journal of Experimental Social Psychology*, 2(2):166–168, 1966.
- [330] J. Zhang and A. J. C. Sharkey. Contextual recognition of robot emotions. In *Proceedings of the 12th Annual Conference on Towards Autonomous Robotic Systems (TAROS 2011)*, pages 78–89, Berlin, Heidelberg, 2011. Springer Verlag.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet und wörtlich oder inhaltlich übernommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Karoline Malchus
Bielefeld, im Mai 2015