



universität
wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

„Gesprächsakzeptanz von Robotern“

Verfasserin

Bakk.phil. Aleksandra Savicic

angestrebter akademischer Grad

Magistra (Mag.)

Wien, April 10

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 066 831

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Publizistik- und Kommunikationswissenschaft

Betreuerin:

PD Univ.-Ass. Mag. Dr. Gerit Götzenbrucker

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	2
1 EINLEITUNG	7
1.1 PROBLEMSTELLUNG	8
1.2 FORSCHUNGSZIEL	10
1.3 AUFBAU DER ARBEIT	11
2 THEORIE	12
2.1 SOZIALE ROBOTIK	12
2.1.1 <i>Was ist die Machiavellian Intelligence Hypothesis?</i>	14
2.1.2 <i>Was ist ein Roboter?</i>	16
2.1.3 <i>Was ist künstliche Sozialität?</i>	19
2.1.4 <i>Was ist ein Sozialer Roboter?</i>	20
2.1.5 <i>Was ist ein Humanoid?</i>	32
2.1.6 <i>Was ist Anthropomorphismus?</i>	33
2.1.7 <i>Was ist das Uncanny Valley?</i>	39
2.1.8 <i>Was ist die Mensch-Roboter Interaktion?</i>	41
2.2 KOMMUNIKATIONSWISSENSCHAFT.....	45
2.2.1 <i>Was ist Kommunikation?</i>	45
2.2.2 <i>Was ist ein Dialog?</i>	49
2.2.3 <i>Was ist ein Medium?</i>	51
2.3 ROBOTER ALS KOMMUNIKATIONSMEDIUM	53
3 FORSCHUNGSFRAGEN UND HYPOTHESEN	57
3.1 KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT	61
3.2 KOMMUNIKATIONSBEDINGUNGEN	63
3.3 KOMMUNIKATIONSPERFORMANCE.....	64
3.4 KOMMUNIKATIONSAUFWAND.....	66
3.5 SOZIALER KOMMUNIKATIONSEINFLUSS	67
3.6 KOMMUNIKATIONSABSICHT.....	69
3.7 HYPOTHESENMODELL.....	70
4 METHODE	72
4.1 GRUNDGESAMTHEIT UND STICHPROBE	72
4.2 ERHEBUNGSMETHODE	74
4.3 PRETEST	78
4.4 AUSWERTUNGSMETHODE	81
4.5 GÜTEKRITERIEN.....	83
4.6 UNTERSUCHUNGSDESIGN.....	85
5 ERGEBNISSE	86
5.1 SOZIODEMOGRAPHIE.....	86
5.1.1 <i>Geschlecht</i>	86
5.1.2 <i>Alter</i>	87
5.1.3 <i>Bildung</i>	88
5.1.4 <i>Beruf</i>	89
5.1.5 <i>Roboternutzung</i>	90

5.1.6	<i>Roboterfahrung</i>	91
5.2	KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT.....	92
5.2.1	<i>ReplieeQ vs. Autom</i>	94
5.2.2	<i>EveR-1 vs. Aibo</i>	95
5.2.3	<i>Hrp4C vs. Nexi</i>	96
5.2.4	<i>Geminoid vs. Nao</i>	97
5.2.5	<i>Actroid-DER2 vs. Leonardo</i>	98
5.3	HYPOTHESENPRÜFUNG.....	99
5.3.1	<i>Kommunikationsbereitschaft (widerlegt)</i>	100
5.3.2	<i>Kommunikationsbedingungen (teilweise bestätigt)</i>	103
5.3.3	<i>Kommunikationsperformance (bestätigt)</i>	108
5.3.4	<i>Kommunikationsaufwand (bestätigt)</i>	114
5.3.5	<i>Sozialer Kommunikationseinfluss (widerlegt)</i>	120
5.3.6	<i>Kommunikationsabsicht (teilweise bestätigt)</i>	125
5.4	KORRIGIERTES HYPOTHESENMODELL.....	128
6	DISKUSSION	129
7	SCHLUSS	132
7.1	ZUSAMMENFASSUNG.....	132
7.2	FAZIT.....	134
7.3	AUSBLICK.....	138
	LITERATURVERZEICHNIS	141
	ANHANG	146
	ANHANG A: ABSTRACT.....	146
	ANHANG B: ROBOTER.....	147
	ANHANG C: CODEBUCH.....	148
	ANHANG E: AKADEMISCHER LEBENS LAUF.....	151

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ROBOTEREINTEILUNG NACH RIEK (2009).....	18
ABBILDUNG 2: ANTHROPOMORPHISMUS-LANDKARTE NACH DUFFY (2003)	34
ABBILDUNG 3: GODSPEED ANTHROPOMORPHISM NACH BARTNECK 2009.....	37
ABBILDUNG 4: UNCANNY VALLEY VON MORI NACH MACDORMAN (2005)	39
ABBILDUNG 5: MENSCH-ROBOTER-DIALOGSTRUKTUR NACH BAUER (2009).....	50
ABBILDUNG 6: ROBOTER ALS MEDIEN NACH KANDA (2009).....	54
ABBILDUNG 7: UTAUT-MODELL NACH VENKATESH (2003).....	58
ABBILDUNG 8: HYPOTHESENMODELL.....	71
ABBILDUNG 9: EXPERIMENTELLES DESIGN	77
ABBILDUNG 10: UNTERSUCHUNGSDESIGN.....	85
ABBILDUNG 11: GESCHLECHTSVERTEILUNG NACH STICHPROBE	87
ABBILDUNG 12: ALTERSVERTEILUNG GESAMT	88
ABBILDUNG 13: BILDUNG GESAMT	89
ABBILDUNG 14: BERUFSVERTEILUNG GESAMT.....	90
ABBILDUNG 15: ROBOTERNUTZUNG GESAMT	91
ABBILDUNG 16: ROBOTERERFAHRUNG GESAMT	92
ABBILDUNG 17: ROBOTERRANKING KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT	93
ABBILDUNG 18: KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT REPLIEEQ VS. AUTOM NACH STICHPROBE UND GESCHLECHT	95
ABBILDUNG 19: KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT EVER VS AIBO NACH STICHPROBE UND GESCHLECHT	96
ABBILDUNG 20: KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT HRP4C VS NEXI NACH STICHPROBE UND GESCHLECHT.....	97
ABBILDUNG 21: KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT GEMINOID VS NAO NACH STICHPROBE UND GESCHLECHT	98
ABBILDUNG 22: KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT ACTROID VS LEONARDO NACH STICHPROBE UND GESCHLECHT	99
ABBILDUNG 23: KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT NACH GESCHLECHT.....	101
ABBILDUNG 24: KOMMUNIKATIONSBEDINGUNGEN GESAMT NACH GESCHLECHT	103
ABBILDUNG 25: KOMMUNIKATIONSBEDINGUNGEN VON ACTROID UND LEONARDO NACH KOMMUNIKATIONSGRAD.....	105
ABBILDUNG 26: MITTELWERTE ZWISCHEN EINGESCHÄTZTER KOMMUNIKATIONSFÄHIGKEIT UND KOMMUNIKATIONSBEDINGUNGEN.....	106
ABBILDUNG 27: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN EINGESCHÄTZTER KOMMUNIKATIONSFÄHIGKEIT UND KOMMUNIKATIONSBEDINGUNGEN.....	107
ABBILDUNG 28: KOMMUNIKATIONSPERFORMANCE NACH STICHPROBE UND GESCHLECHT	109
ABBILDUNG 29: MITTELWERTDIAGRAMM ZWISCHEN EINGESCHÄTZTER KOMMUNIKATIONSFÄHIGKEIT UND KOMMUNIKATIONSPERFORMANCE	112
ABBILDUNG 30: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN KOMMUNIKATIONSFÄHIGKEIT UND KOMMUNIKATIONSPERFORMANCE	113
ABBILDUNG 31: KOMMUNIKATIONSAUFWAND NACH STICHPROBE UND GESCHLECHT	115
ABBILDUNG 32: MITTELWERTDIAGRAMM DES KOMMUNIKATIONSAUFWANDS.....	118
ABBILDUNG 33: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN KOMMUNIKATIONSFÄHIGKEIT UND KOMMUNIKATIONSAUFWAND	119
ABBILDUNG 34: SOZIALER EINFLUSS NACH STICHPROBE UND GESCHLECHT	121
ABBILDUNG 35: MITTELWERTDIAGRAMM DES SOZIALEN EINFLUSSES.....	124
ABBILDUNG 36: KORRIGIERTES HYPOTHESENMODELL	128
ABBILDUNG 37: ROBOTER REPLIEEQ1 EXPO.....	147
ABBILDUNG 38: ROBOTER AUTOM	147
ABBILDUNG 39: ROBOTER EVER-1	147
ABBILDUNG 40: ROBOTER AIBO	147
ABBILDUNG 41: ROBOTER HRP4C.....	147
ABBILDUNG 42: ROBOTER NEXI.....	147

ABBILDUNG 43: ROBTER GEMINOID.....	147
ABBILDUNG 44: ROBTER NAO.....	147
ABBILDUNG 45: ROBTER ACTROIDDER-2	147
ABBILDUNG 46: ROBTER LEONARDO	147
ABBILDUNG 47: YOUTUBE-VIDEO ACTROIDDER-2.....	150
ABBILDUNG 48: YOUTUBE-VIDEO LEONARDO.....	150

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: OPERATIONALISIERUNG VON KOMMUNIKATIONSVERHALTEN MIT ROBOTERN AUF EINER NOMINALSKALA	59
TABELLE 2: OPERATIONALISIERUNG VON KOMMUNIKATIONSABSICHT AUF EINER INTERVALLSKALA	59
TABELLE 3: OPERATIONALISIERUNG VON KOMMUNIKATIONSFÄHIGKEIT	60
TABELLE 4: OPERATIONALISIERUNG VON KOMMUNIKATIONSBEREITSCHAFT AUF ZWEIDIMENSIONALER NOMINALSKALA	62
TABELLE 5: OPERATIONALISIERUNG VON KOMMUNIKATIONSBEDINGUNGEN AUF SIEBENSTUFIGER LIKERTSKALA.....	64
TABELLE 6: OPERATIONALISIERUNG VON KOMMUNIKATIONSPERFORMANCE AUF SIEBENSTUFIGEN INTERVALLSKALA.....	65
TABELLE 7: OPERATIONALISIERUNG VON KOMMUNIKATIONSAUFWAND AUF SIEBENSTUFIGEN INTERVALLSKALA.....	66
TABELLE 8: OPERATIONALISIERUNG VON SOZIALEM KOMMUNIKATIONSEINFLUSS AUF SIEBENSTUFIGEN INTERVALLSKALA	68
TABELLE 9: OPERATIONALISIERUNG VON KOMMUNIKATIONSABSICHT ANHAND EINER SIEBENSTUFIGEN INTERVALLSKALA	70
TABELLE 10: CODEBUCH TEIL 1	148
TABELLE 11: CODEBUCH TEIL 2	149

1 Einleitung

Roboter sind in Europa laut statistischen Angaben aus der *World Robotics Studie*¹ 2008 im Aufschwung. Mehr noch: sie werden laut aktuellen Forschungsarbeiten immer *sozialer* und *kommunikativer*², was ab den späten 1990er Jahren zur Ausbildung einer neuen Teildisziplin innerhalb der Robotik geführt hat: der *sozialen Robotik*. Diesen Paradigmenwechsel in der Robotikforschung von *funktionalen* hin zu *sozialen und kommunikativen* Robotern bestätigten 2004 auch WEBER und BATH im Rahmen ihres Forschungsprojektes *"Sozialität mit Maschinen"*³ sowie 2008 GIESELMAN und STENNECKEN in „*How To Talk To Robots*“⁴. Tatsächlich lässt sich der oben genannte wissenschaftliche Fokuswandel auch in der Produktion beobachten: wurden ursprünglich vermehrt Roboterarme und Serviceroboter hergestellt, geht die aktuelle Entwicklung hin zu *sozialen humanoiden* Robotern, die mit Menschen direkt *kommunizieren*. Roboter wie *Zeno* von Hanson Robotics, *ASIMO* von Honda und *Actroid* von Kokoro Company sind nur einige wenige Beispiele für diese kommunikative Entwicklung. Die aktuelle Relevanz der Mensch-Roboter-Kommunikation bestätigen auch folgende laufende EU-Projekte:

- LIREC⁵ (*Living with Robots and InteractivE Companions*),
- COMMROB⁶ (*Advanced Robot behaviour and high-level multimodal communication*)
- INDIGO⁷ (*Interaction with Personality and Dialogue Enabled Robots*).

Mit zunehmender europäischer Forschung in der sozialen Robotik wächst die gesellschaftliche Relevanz von Robotern im persönlichen Alltag. Wenn Roboter immer *kommunikativer* gestaltet werden, um nicht mehr nur als Maschinen sondern als Interaktions- und Kommunikationspartner in die Gesellschaft integriert zu werden, stellt sich die zentrale Frage, ob Menschen Roboter überhaupt als Gesprächspartner *akzeptieren*. Die Forschungsarbeit soll aufzeigen, ob überhaupt ein *Bedarf* an Robotern als Gesprächspartner gegeben ist und, ob diese als Gesprächspartner *akzeptiert* werden. Das zentrale Forschungsinteresse liegt somit in der Evaluierung der *kommunikativen Akzeptanz* von Robotern, sowie den daraus abgeleiteten Kriterien, wie die Gesprächsakzeptanz eines Roboters erhöht werden kann.

¹ Vgl. <http://www.worldrobotics.org/> (Letzter Stand: 20.04.2010)

² Vgl. Lee (2009); Dautenhahn (2009); Kanda (2009); Mutlu (2009); Zhao (2009)

³ Vgl. Weber (2004)

⁴ Vgl. Gieselmann/ Stennecken (2008)

⁵ Vgl. <http://www.lirec.org/> (Letzter Stand: 20.04.2010)

⁶ Vgl. <http://www3.commrob.eu/UserPages/Home.aspx> (Letzter Stand: 20.04.2010)

⁷ Vgl. <http://www.ics.forth.gr/indigo/description.html> (Letzter Stand: 20.04.2010)

1.1 Problemstellung

Mit der Entwicklung der limitierten *sozialen Intelligenz* für autonome Roboter sind Begriffe wie Kommunikation und Interaktion wesentliche Begriffe in der sozialen Robotik geworden⁸. In der interdisziplinären sozialen Robotik, in der es vorrangig um soziale Interaktion und Kommunikation zwischen einem Roboter und einem Menschen geht, sind allerdings kaum Kommunikationswissenschaftler involviert. Dabei wäre ein kommunikationswissenschaftlicher Diskurs dringend notwendig. Erstens, da durch die zunehmende Vergesellschaftung von technischen Robotern ein „neues“ *Medium* (siehe Kapitel 2.2.3) entstanden ist, das in eine bestehende oder neue Medienkategorie eingeordnet gehört. Und zweitens, weil Kommunikation durch eine kommunikationstheoretische Perspektive ergänzt gehört, damit beide Disziplinen von den Erkenntnissen profitieren können. Die vorliegende Arbeit will dieses Defizit ausgleichen, und kommunikationswissenschaftliche Zugänge in der Mensch-Roboter Interaktion eröffnen. Der Kommunikationsbegriff und –prozess soll aus kommunikationswissenschaftlicher geklärt werden und in den Zusammenhang der sozialen Robotik eingebettet werden.

In naher Zukunft wird erwartet, dass Roboter eine aktive Rolle in der Gesellschaft übernehmen werden⁹. Diese Entwicklung erfordert allerdings, dass Roboter von den Menschen *sozial akzeptiert* werden. Zahlreiche Forscher haben im Zuge dessen das Phänomen „*soziale Akzeptanz von Robotern*“ in Experimenten empirisch untersucht und aus den Forschungsergebnissen Kriterien ausgearbeitet, anhand derer man die *soziale Akzeptanz* von Robotern verbessern kann¹⁰. Unbeantwortet blieb jedoch, ob Roboter auch als Gesprächspartner, also *kommunikativ akzeptiert* werden. „Mit Robotern sprechen“, also Roboter als Gesprächspartner *akzeptieren*, ist ein aufstrebendes Forschungsfeld innerhalb der sozialen Robotik und gleichzeitig auch eine der größten Herausforderungen innerhalb der Disziplin. Denn: die Mensch-Roboter-Kommunikation ist durch zahlreiche *Missverständnisse* und *Kommunikationsprobleme* gekennzeichnet. Aktuelle Forschungen bemühen sich deshalb Fehlervermeidung-Mechanismen auszuarbeiten, um den Kommunikationserfolg zwischen Menschen und Robotern zu verbessern. Der Schwerpunkt wird dabei hauptsächlich auf sprachwissenschaftliche Ansätze gelegt, die eine optimale Dialogstruktur evaluieren¹¹.

⁸ Vgl. Dautenhahn (2009)

⁹ Mitsunaga et al. (2008), S. 3336

¹⁰ Ebd; Bickmore et al. (2005); Heerink et al. (2006); Heerink et al. (2008)

¹¹ Vgl. Sidner (2003); Fong (2001); Lee (2009)

„Talking to robots is an upcoming research field where one of the biggest challenges are misunderstandings and problematic situations: Dialogues are error-prone and errors and misunderstandings often result in error spirals from which the user can hardly escape. Therefore, mechanisms for error avoidance and error recovery are essential.“¹²

Neue sprachwissenschaftliche Erkenntnisse haben also aufgezeigt, wie ein Mensch-Roboter-Dialog optimal *strukturiert* sein sollte, um den Kommunikationserfolg zu maximieren (mehr dazu im Kapitel 2.2.2). Was allerdings in diesem Zusammenhang noch immer unbeantwortet blieb, ist die Frage, ob Menschen überhaupt mit Robotern kommunizieren *wollen*, *ob* Roboter seitens der menschlichen Kommunikationsakteure also überhaupt als Gesprächspartner *akzeptiert* werden. *Gesprächsakzeptanz* allerdings wurde bis dato noch nicht empirisch gemessen. Die vorliegende Arbeit will also deshalb auch dieses Defizit ausgleichen, indem in Anlehnung an die aktuelle Technologieakzeptanzforschung ein methodischer Zugang präsentiert werden soll, wie man die Gesprächsakzeptanz von Robotern messen kann.

Die Forschergruppe um KANDA hat einen der ersten kommunikationswissenschaftlichen Ansätze in der sozialen Robotik geliefert. Roboter werden nach diesem Ansatz als *Medien*, die eine Informationsleistung für die Gesellschaft erbringen, betrachtet. Desweiteren verfolgen sie den Ansatz, dass ein *humanoider* Roboter, also ein Roboter mit einem menschenähnlichen Körper, am besten dafür geeignet ist, mit Menschen zu kommunizieren, da dadurch Menschen unbewusst solche Kommunikationsprozesse wie mit anderen Menschen in Gang setzen.

„We believe that humanoid robots will be suitable for communicating with people. The human-like bodies of humanoid robots enable humans to intuitively understand their gestures and cause people to unconsciously behave as if they were communicating with humans. In the future, we believe that these robots will behave as peer-partners to support daily human activities based on advanced communication capabilities.“¹³

Dieser Zusammenhang zwischen *Menschenähnlichkeit* und Valenz wird aktuell zwiespältig diskutiert. Während die Anhänger¹⁴ für ein menschenähnliches Design plädieren, folgen die Kritiker den Ansatz, dass die Form des Roboters mit seiner Funktion übereinstimmen muss („*matching hypothesis*“ siehe Kapitel 2.1.6) und distanzieren sich deshalb bewusst vom menschenähnlichen Design, um das „*unheimliche Tal*“ zu vermeiden (siehe Kapitel 2.1.7). Es

¹² Vgl. Gieselmann/Stennecken (2006), S. 1

¹³ Vgl. Kanda (2007), S. 137

¹⁴ Vgl. ebd

liegen jedoch noch keine empirisch zureichenden Ergebnisse vor, die die Gültigkeit von einem der beiden Ansätze bewiesen haben¹⁵. Die vorliegende Arbeit will also die Bedingungen für die positive Wirkung von Menschenähnlichkeit im Gesprächskontext evaluieren, um gleichzeitig einen Schritt in Richtung Schließung der Forschungslücke zu machen. Es soll also konkret ermittelt werden, ob Menschenähnlichkeit von Robotern einen positiven Einfluss auf die Kommunikationsbereitschaft von Menschen hat. *Kommunikationsbereitschaft* als die Bereitschaft eines Menschen, die Mitteilung eines Roboters „aufnehmen“ und „rezipieren“ zu *wollen*, verstanden, ist in der Publizistik- und Kommunikationswissenschaft eine der wesentlichen Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit *Kommunikation* erfolgreich realisiert und damit *Verständigung* erreicht werden kann¹⁶. Deshalb soll eine kommunikationstheoretische Auseinandersetzung mit dem Begriff unter Berücksichtigung der Uncanny-Valley-These neue Lösungsansätze für beide Disziplinen liefern.

1.2 Forschungsziel

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ist herauszufinden, ob Menschen Roboter als Gesprächspartner *akzeptieren*. Im Detail soll unter kommunikationstheoretischem und empirischem Aspekt erforscht werden, ob *Menschenähnlichkeit* und *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters Einfluss auf die Gesprächsakzeptanz haben. Es soll also konkret untersucht werden, ob die Gesprächsakzeptanz von einem menschenähnlichen Roboter, der sprechen kann, höher ist als die Gesprächsakzeptanz von einem nicht menschenähnlicher Roboter, der nicht sprechen kann. Daraus soll abgeleitet werden, ob die Produktion von kommunikativen Robotern und die Kommunikation mit Robotern (Konsum) gesellschaftlich erwünscht sind, ob sie also einen Nutzen für die Allgemeinheit aufweisen.

Welche neuen Erkenntnisse sollen in welcher Form mit welchem Nutzen gewonnen werden?

- Der *Kommunikationsbegriff* soll aus einer *kommunikationstheoretischen* Sicht betrachtet werden und die daraus abgeleiteten *theoretischen Empfehlungen* als Entscheidungsgrundlage für neue Lösungsansätze der sozialen Robotik zugänglich gemacht werden.
- Die *Gesprächsakzeptanz* von Robotern soll *empirisch* gemessen werden und als *methodische Hilfestellung* für zukünftige Forschungsarbeiten dienen.

¹⁵ Vgl. Echterhoff (2006)

¹⁶ Vgl. Burkart (2002), S. 65

- Der *Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und der *Gesprächsakzeptanz* soll empirisch überprüft werden und die dadurch gewonnenen Ergebnisse als Entscheidungsgrundlage für das kommunikative Roboterdesign dienen, um Kommunikationsprobleme zwischen Menschen und Robotern minimieren zu können.
- Der *Zusammenhang* zwischen der *Menschenähnlichkeit* von Robotern und der *Kommunikationsbereitschaft* von Menschen soll empirisch überprüft werden und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse ebenfalls der sozialen Robotik als Entscheidungsgrundlage für neue Lösungsansätze dienen, um das Uncanny-Valley-Problem im Gesprächsakzeptanzkontext differenzierter betrachten zu können.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sieben Hauptkapitel, die im Folgenden kurz vorgestellt werden sollen. In Kapitel 2 wird der theoretische Bezugsrahmen mit relevanten Begriffen, Konzepten und aktuellen Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der sozialen Robotik und der Kommunikationswissenschaft, vorgestellt. In Kapitel 3 werden die für die Studie relevanten Begriffe theoretisch abgeleitet, in Hypothesen formuliert und messbar gemacht, sowie das daraus entwickelte Hypothesenmodell vorgestellt. In Kapitel 4 wird die Methode beschrieben, mit der die Untersuchung anhand des skizzierten Untersuchungsdesigns durchgeführt und ausgewertet wurde. In Kapitel 5 werden die zentralen Ergebnisse der Untersuchung präsentiert und die Hypothesen geprüft. In Kapitel 6 werden die zentralen Ergebnisse der Untersuchung diskutiert und in Bezug zur Theorie gesetzt. Und schließlich wird in Kapitel 7 basierend auf der Verknüpfung der theoretisch und empirisch gewonnenen Erkenntnisse die zentrale Forschungsfrage beantwortet, ein Fazit abgeleitet sowie ein Ausblick auf eventuelle zukünftige Forschungen gewagt.

2 Theorie

Um die Ergebnisse der vorliegenden empirische Untersuchung (siehe Kapitel 5) wissenschaftlich nachvollziehen zu können, sollen in den folgenden Kapitel die grundlegenden Begriffe, Konzepte und Forschungsansätze, die für die empirische Studie von Relevanz sind, definiert und im Kontext erklärt werden. Zuerst sollen Begriffe aus der Sozialen Robotik inklusive der historischen Entwicklung der Disziplin dargestellt werden (Kapitel 2.1). Darauf aufbauend soll auf forschungsrelevante kommunikationswissenschaftliche Begriffe, nämlich Kommunikation, Dialog und Medium, übergeleitet (Kapitel 2.2) und der aktuelle Forschungsstand auf dem Gebiet der kommunikationswissenschaftlichen Forschungsbeteiligung auf dem Gebiet der sozialen Robotik herausgearbeitet werden (Kapitel 2.3).

2.1 Soziale Robotik

Die *Soziale Robotik* als Teildisziplin der Robotik wurde in den späten 1940er Jahren vom Neurophysiologen und Roboterforscher William Grey Walter durch die Entwicklung der beiden durch Lichtsignale miteinander „sozial“ interagierenden Schildkröten-Roboter „*Elmer*“ und „*Elsie*“¹⁷ gegründet und in den frühen 1990er Jahren von Forschern auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz weiter entwickelt. Zu den Hauptvertretern der *Sozialen Robotik* zählen Kerstin Dautenhahn (University of Hertfordshire, UK), Cynthia Breazeal (MIT Media Lab, US), Aude Billard (University of Edinburgh, UK), Brian Duffy (University College Dublin, Irland), Maja Mataric (University of Southern California, US), Terence Fong (University of Hertfordshire, US) und Yiannis Demiris (Imperial College London, UK). In Japan zählen zu den wichtigsten Vertretern Takayuki Kanda (ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories Kyoto, Japan) und Hiroshi Ishiguro (Osaka University, Japan). Und in Deutschland sind auf dem jungen Gebiet der *Sozialen Robotik* vor allem Frank Hegel und Manja Lohse (Universität Bielefeld) zu erwähnen.

Ziel der *Sozialen Robotik* ist, Roboter kognitiv leistungsfähiger und sozialer zu gestalten, um dadurch Maschinen in unsere Gesellschaft erfolgreicher integrieren zu können¹⁸. Sozial wird hier im Sinne von kommunikativer, interaktiver, kooperativer und lernfähiger als rein industrielle Roboter, verstanden. *Multimodal* gestaltete Interaktion und Kommunikation von

¹⁷ Quelle: <http://www.ias.uwe.ac.uk/Robots/gwonline/gwarkive.html> (Letzter Stand: 11.04.2010)

¹⁸ Vgl. Duffy (2005), S. 2

verkörpert physischen Robotern mit Menschen bedarf laut DAUTENHAHN¹⁹ tiefgehender Aspekte sozialer Intelligenz und Interaktion. Da Aussehen, Verhalten, kognitive und soziale Fähigkeiten eines Roboters wissenschaftlich hohe Herausforderungen bieten, ist das Gebiet der Sozialen Robotik stark interdisziplinär-kollaborativ ausgerichtet.

Das wachsende Interesse an psychologischen und sozialwissenschaftlichen Konzepten in der Robotik basiert laut DAUTENHAHN auf der Intelligenzhypothese oder auch *Machiavellian intelligence hypothesis* genannt (siehe Kapitel 2.1.1), da sie vermutet, dass *Sozialität* im Kern in der kognitiven Entwicklung liegt und der Fokus in der Robotik auf kognitive Konzepte gelegt werden sollte²⁰.

Seit der Entwicklung der Schildkröten-Roboter in den 1940er Jahren und der Erforschung des sozialen Verhaltens in Insektenverbänden anhand von Roboterexperimenten ab den 1990er Jahren, begannen die Menschen mit Robotern zu interagieren. Die Interaktion war in der Ursprungsform *unidirektional*, also durch einfache Ein-Aus-Kontrollschalter oder analoge Steuerknüppel gekennzeichnet²¹. Mit der Zeit wurden die Roboter gemäß der oben erwähnten *Intelligenzhypothese* immer intelligenter und dadurch nicht mehr als rein passive Instrumente oder Handwerkzeuge in der Gesellschaft wahrgenommen, sondern als eine Entität, mit der man eine Beziehung aufbaute²².

Ab den 1990er Jahren wurden parallel auch Computerwissenschaftler durch die Idee, Mensch-Computer Interaktionen für die Benutzer menschenähnlicher und natürlicher zu gestalten, motiviert²³. Vor allem die Forschungsergebnisse der Medienwissenschaftler Reeves und Nass wirkten sich durch ihren CASA-Ansatz²⁴ (*Computers As Social Actors*) indirekt auch auf die *Soziale Robotik* aus. Der von sozialpsychologischen Theorien und Konzepten ausgehende und auf die Soziale Robotik übertragene CASA-Ansatz ließ folgende hypothetische Schlussfolgerungen zu:

- Menschen interagieren mit Robotern genauso wie mit anderen Menschen, sie weisen Robotern gegenüber also *soziales* Verhalten auf (Roboter als soziale Akteure).

¹⁹ Vgl. Dautenhahn (2004)

²⁰ Vgl. Dautenhahn (1999)

²¹ Vgl. Fong (2003), S. 256

²² Vgl. Sheridan (1997)

²³ Vgl. Duffy (2008)

²⁴ Vgl. Nass (1994), S. 72ff.

- Menschen sind sich ihres *sozialen* Verhaltens gegenüber Robotern nicht bewusst, da ihre Reaktionen automatisch ausgeführt werden (Unbewusster Sozialitätsmechanismus).

All diese Entwicklungen hatten zur Folge, dass ab den späten 1990er Jahren ein Paradigmenwechsel in der Robotik einsetzte: weg von der rein technologischen hin zur sozialen Robotik, in der vermehrt psychologische und sozialwissenschaftliche Konzepte in die ursprünglich rein technisch orientierte Robotik integriert wurden. Dabei wirkten sich theoretische Modelle aus der Psychologie, vor allem die von *Piaget* und *Vygotsky*, wesentlich auf die Entwicklung der *Sozialen Robotik* aus. Das CMU Robotics Institute startete im Zuge der Entwicklungen das „Social Robot Project“ mit dem Ziel, die sozialen Barrieren zwischen Robotern und Menschen zu überwinden:

„The idea is that communication and interaction with robots should be easy and enjoyable, both for unfamiliar users and trained professionals. We want robots to behave more like people, so that people do not have to behave like robots when they interact with them.“²⁵

Zusammenfassend hat sich die *soziale Robotik* auf Roboter spezialisiert, die vor allem als direkte Interaktions- und Kommunikationspartner für Menschen in einer für Menschen bekannten Umgebung dienen. Diese sozialen Roboter sind mit speziellen Fähigkeiten ausgestattet. Hierzu zählen neben der Erkennung von Identität, Sprache, Gestik, Befehl und Stimmung des menschlichen Gegenübers auch die Fähigkeit des Roboters, mit denselben Kommunikationsmitteln und auf demselben Kommunikationskanal zu kommunizieren wie dessen menschliches Gegenüber. Die Einsatzgebiete sind durch die stark interdisziplinäre Forschungszusammenarbeit vielfältig und reichen von der Assistenz über die Therapie hin zur Unterhaltung. Um die Ursprünge der Sozialen Robotik nachvollziehen zu können, soll im nächsten Kapitel die Intelligenzhypothese als inspirierende und motivierende Triebfeder für die Ausbildung der Subdisziplin der Sozialen Robotik näher durchleuchtet werden.

2.1.1 Was ist die Machiavellian Intelligence Hypothesis?

Die Machiavellische Intelligenzhypothese geht ursprünglich auf den italienischen Politiker und Schriftsteller Niccolò Machiavelli aus dem 16. Jahrhundert zurück, der die Technik der

²⁵ Quelle: <http://www.cs.cmu.edu/~social/goals.html> (Letzter Stand: 12.04.2010)

Machtausübung in und zwischen Staaten analysiert hat²⁶. Die Autoren WHITEN und BYRNE gingen darauf aufbauend 1988 in ihrem Werk der Frage nach, wie und in welcher Form Intelligenz im Kontext sozialer Interaktion funktioniert. Sie stellten die Behauptung auf, dass die Intelligenz von Menschen als Anpassungsprozess an technische und soziale Anforderung entstanden ist, mit dem Ziel soziale Probleme zu lösen:

„Humans have large brains and high intelligence because of their need to manage and predict complex social dynamics“²⁷.

Inspiziert durch die Machiavellische Intelligenzhypothese unternahm die Forscherin DAUTENHAHN ab 1995 in ihren Forschungsarbeiten den Versuch, die auf die natürliche Intelligenz ausgerichtete Hypothese auf die künstliche Intelligenz zu übertragen²⁸. Sie ging in ihren Arbeiten der Frage nach, ob autonome Roboter soziale Intelligenz benötigen, um in eine Gesellschaft erfolgreich integriert werden zu können, und wie sich solch eine „künstliche“ soziale Intelligenz entwickeln ließen. Sie stellte die Vermutung auf, dass es sowohl in natürlichen als auch in künstlichen Systemen ein allgemeines Prinzip in der Evolution der Intelligenz gab und zählte Situationen auf, in denen soziale Intelligenz - in Form von Kommunikations-, Interaktions- und Kooperationsfähigkeit - in Abhängigkeit vom Umfeld, Ziel und den Erwartungen für autonome Roboter nötig wäre. Mit dieser neuen Forschungsrichtung leitete sie den Paradigmenwechsel von technischer Intelligenz, die durch Konkurrenz (siehe Kampfroboter) geprägt war, hin zu sozialer Intelligenz, die durch Kooperation gekennzeichnet werden sollte, mit ein. Somit ebnete sie der „Sozialen Robotik“ den Weg zur eigenständigen Disziplin.

In der künstlichen Intelligenzforschung existieren zwei Glaubensrichtungen, was die Intelligenz eines Roboters betrifft²⁹: Die Befürworter der *starken* künstlichen Intelligenz glauben daran, dass es möglich ist, menschliche Intelligenz als eine Art biologische Maschine in künstliche Robotersysteme zu duplizieren. Ein Roboter besitzt demnach ein Bewusstsein. Auf der anderen Seite glauben die Anhänger der *schwachen* künstlichen Intelligenz daran, dass menschliche Intelligenz nur durch Täuschung simuliert werden kann. Die Intelligenz des Roboters ist damit nur eine Illusion.

²⁶ Vgl. Junker (2006), S. 58-60

²⁷ Vgl. Whiten/Byrne (1988), S. 1-12

²⁸ Vgl. Dautenhahn (1995), S. 333-356

²⁹ Vgl. Duffy (2003)

Um nachvollziehen zu können, was ein sozialer Roboter ist und wie dieser sich von einem Roboter unterscheidet, soll im folgenden Kapitel zuerst geklärt werden, was ein Roboter ist.

2.1.2 Was ist ein Roboter?

Das *Robot Institut of America (RIA)* definiert einen Roboter folgendermaßen:

*"A programmable, multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialize devices through various programmed motions for the performance of a variety of task"*³⁰

Die Online-Enzyklopädie Webster definiert einen Roboter als:

*„a machine that looks like a human being and performs various complex acts (as walking or talking) of a human being; also: a similar but fictional machine whose lack of capacity for human emotions is often emphasized.“*³¹

Beide Definitionen beschreiben Roboter als mechanische Geräte, die komplizierte menschliche Aufgaben erfüllen. Allerdings fehlt in beiden Definitionen der Aspekt der Mensch-Roboter Interaktion, der im Zuge der Ausbildung des Bereichs der *Personal Service Robots*, in dem Menschen mit Roboter direkt interagieren, notwendig wurde. Um diese Lücke zu schließen, schlug Engelhardt folgende Definition für einen Service Roboter vor:

*“Systems that function as smart, programmable tools, that can sense, think, and act to benefit or enable humans or extend/enhance human productivity.“*³²

Das Wort *Robot* wurde erstmals 1921 vom tschechischen Schriftsteller Karel Capek in seinem Theaterstück *R.U.R. – Rossum’s Universal Robots* als Synonym für Fron- oder Zwangsarbeit verwendet³³. 1942 prägte der russisch-amerikanischen Schriftsteller Isaac Asimov in seiner Kurzgeschichte *Runaround* erstmals das Wort *Robotics* und postulierte folgende *Drei Gesetze der Robotik*, die infolge dessen die künstliche Intelligenzforschung und Science Fiction Welt beeinflussten:

³⁰ Vgl. Khan (1998), S. 9

³¹ Quelle: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/robot> (Letzter Stand: 31.03.2010)

³² Vgl. Engelhardt & Edwards (1992) zitiert nach Bartneck/Forlizzi (2004), S. 592

³³ Vgl. Dowling (1996)

- „1. Ein Roboter darf keinen Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zu Schaden kommen lassen.
 2. Ein Roboter muss den Befehlen eines Menschen gehorchen, es sei denn, solche Befehle stehen im Widerspruch zum ersten Gesetz.
 3. Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, solange dieser Schutz nicht dem Ersten oder Zweiten Gesetz widerspricht.“³⁴

Der technologische Fortschritt in den 1950er-70er Jahren bildete die Grundlage für das Entwickeln von Robotern mit komplexerem Verhalten³⁵. 1958, ausgelöst durch Asimovs Robotergeschichten, gründeten Devol und Engelberger mit *Unimation* die weltweit erste Robotikfirma³⁶.

Da die Robotik eine breite wissenschaftliche Disziplin ist, versuchten BARTNECK und FORLIZZI basierend auf einer groß angelegten UN-Robotikstudie 2002 die Robotik in drei Hauptkategorien einzuteilen:

- Industrielle Robotik
- Professionelle Robotik
- Personal Service Robotik

Die Industrielle Robotik zeichnet sich durch immobile Roboter aus, die einzelne Aufgaben anhand wenig Interaktion mit Menschen oder anderen Robotern ausführen. Industrielle Roboter werden vorrangig in Fabriken und Automatisationsbetrieben eingesetzt (Roboterarme). Der Verkauf von industriellen Robotern setzte in den 1960er Jahren ein. 2004 wurden 1.500.000 von ihnen verkauft.

Die Professionelle Robotik zeichnet sich im Vergleich durch mobile Roboter aus, die schwierige und für Menschen gefährliche Aufgaben erfüllen. Sie werden hauptsächlich in der industriellen Reinigung, Anlagenwartung, Datenerfassung, Rehabilitation, Sicherheit, Weltrauminspektion, Konstruktion, im Abriss, Militär, Minenfeldern und dergleichen, eingesetzt.

Die *Personal Service* Robotik hingegen zeichnet sich durch Roboter aus, die durch individuelle Konsumenten gekauft werden, um erzieherische, unterhaltende, therapeutische oder assistive Aufgaben im privaten Zuhause auszuführen. Zusätzlich zu den Basisfunktionen von Robotern (Navigation, Abtastung, Bewegungskontrolle, etc.), liegt der Fokus in der Entwicklung von *Personal Robots* auf folgenden Bereichen: Wahrnehmen (Gesichter- und Positionserkennung), Entscheidungsfindung (antizipative Befehlsausführung), Lernen (Imitation, Neues Wissen)

³⁴ Vgl. Asimov (1987) übersetzt zitiert nach Khan (1998), S. 10

³⁵ Vgl. Hegel et al. (2009)

³⁶ Vgl. Engelhardt/Edwards (1992), S. 325-346

sowie Interaktion und Kommunikation (Aufgabenbefähigung, Intentionsäußerung, Erklärung). *Personal Service Roboter* verzeichnen die größte Wachstumsrate. 2001 wurden 176.500 und 2005 bereits 2.021.000 *Personal Service Robots* verkauft.

Nach RIEK³⁷ lassen sich Roboter desweiteren in drei hilfreiche Hauptkategorien einteilen, nämlich mechanische Roboter, Humanoide und Androiden. Die folgende Abbildung soll die Unterscheidung veranschaulichen:

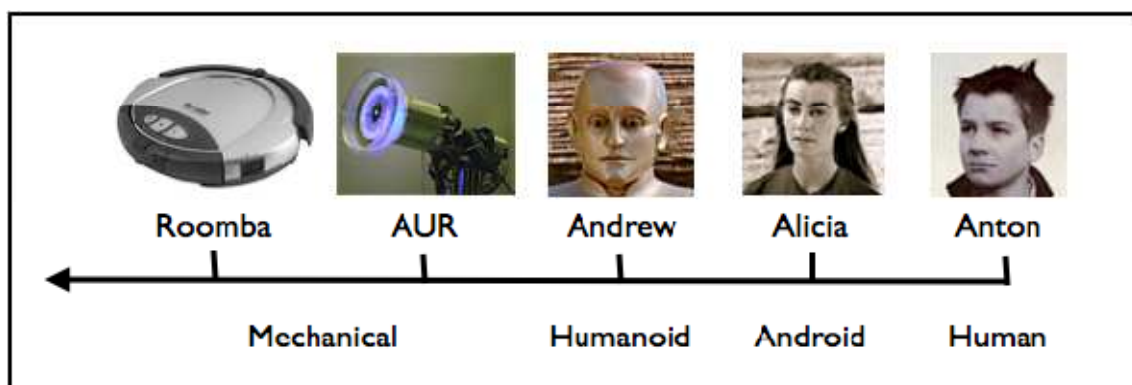


Abbildung 1: Robotereinteilung nach Riek (2009)

Zusammenfassend ist ein Roboter also eine programmierbare, autonome, verkörperte und multifunktionale Maschine, die abseits von rein technischer Aufgabenerfüllung auch komplexe Handlungen, wie Interaktion und Kommunikation mit Menschen ausführen kann. Die oben unterschiedlichen Definitionen zeigten deutlich, dass ein Paradigmenwechsel in der Robotik stattgefunden hat. Wurde ein Roboter ursprünglich bloß als *funktionelle* Maschine betrachtet, die vorprogrammierte, wiederholte Bewegungsabläufe im Industriesektor verrichtete, so wurde ab den späten 1990er Jahren ein Roboter mehr im *sozialen* Kontext betrachtet und führte schließlich zur Ausbildung einer neuen Wissenschaftsdisziplin: der Sozialen Robotik (siehe Kapitel 2.1). Ein Roboter ist somit durch folgende Hauptkriterien charakterisiert: Autonomie, Embodiment (Verkörperung) und Funktion. Ein sozialer Roboter erfüllt die Basiskriterien und weist eine zusätzliche entscheidende Komponente auf: Sozialität (siehe Kapitel 2.1.3).

Um nachvollziehen zu können, wodurch sich ein *sozialer Roboter* von einem Roboter unterscheidet, muss zuerst im folgenden Kapitel geklärt werden, was genau „sozial“ bzw. „künstliche Sozialität“ im Robotikkontext bzw. in der Künstlichen Intelligenz bedeutet.

³⁷ Vgl. Riek (2009), S. 246

2.1.3 Was ist künstliche Sozialität?

In der Sozialen Robotik bedeutet *Künstliche Sozialität*³⁸ die Implementierung von allgemein verbreiteten, menschlich-sozialen Techniken - wie z.B. Emotion und Kommunikation - in künstliche Entitäten, mit dem Ziel, die Mensch-Roboter Kommunikation auf beiden Seiten zu erleichtern. Die Funktionalität des Kommunikationsprozesses in Abhängigkeit von emotionalen Ausdrücken erfordert die Entwicklung von komplexen sozialen Modellen und die Fähigkeit, sich kompetent an komplexen sozialen Handlungen zu beteiligen. Ein sozialer Roboter muss, um als sozial zu gelten, fähig sein sich verbal und nonverbal - möglichst ohne eine technische Schnittstelle - zu verständigen und die Emotionen seines Gegenübers zu verstehen (siehe Kapitel 2.1.4). Die Mensch-Roboter Interaktion muss so transparent gestaltet werden, dass Menschen die technische Benutzerschnittstelle nicht realisieren, sondern den Roboter als *Persönlichkeit* wahrnehmen. Was in diesem Zusammenhang zählt, sind die *Leichtigkeit* und *Effizienz* der Kommunikation.

Laut WEBER³⁹ muss ein Roboter, um als sozial zu gelten, außerdem fähig sein, das Verhalten seines Gegenübers vorherzusagen und sein eigenes Verhalten in Bezug dieser Voraussage zu ändern.

Laut DAUTENHAHN⁴⁰ legen folgende Kriterien fest, wann ein Roboter als sozial angesehen werden kann:

- Ein Roboter gilt als sozial, wenn er *wiederholt* und *langfristig Kontakt* mit Menschen hat (*contact with humans*).
- Ein Roboter gilt weiters als sozial, wenn er eine bestimmte *funktionelle* Fähigkeit nachweisen kann (*functionality*).
- Zudem gilt ein Roboter dann als sozial, wenn seine Rolle als Maschine durch seine Rolle als Freund in den Hintergrund rückt (*role of a companion*).
- Schließlich gilt ein Roboter dann als sozial, wenn er soziale Fähigkeiten nachweisen kann, damit er langfristig von Menschen akzeptiert wird (*social skills*).

Laut HEERINK⁴¹ ist Sozialität folgendermaßen festgelegt:

³⁸ Vgl. Duffy (2003)

³⁹ Vgl. Weber (2005), S. 123

⁴⁰ Vgl. Dautenhahn (2007), S. 683f.

- Direkten Blickkontakt halten können
- Sich für Fehler entschuldigen können
- Lächeln können
- Sich erinnern können
- Kopf nicken oder schütteln können
- Aussprechen lassen

Was nun genau ein *sozialer Roboter* ist und wie er sich von einem (industriellen) Roboter unterscheidet, soll im folgenden Kapitel dargestellt werden.

2.1.4 Was ist ein Sozialer Roboter?

Eine der ersten grundlegenden Definitionen für einen *sozialen Roboter* lieferten 1999 DAUTENHAHN und BILLARD, in der ein *sozialer Roboter* als *verkörperter Agent* in einer Gesellschaft gesehen wird, in der sich Roboter und Menschen gegenseitig erkennen, miteinander interagieren und kommunizieren, sowie voneinander lernen können:

„Social robots are embodied agents that are part of a heterogeneous group: a society of robots or humans. They are able to recognize each other and engage in social interactions, they possess histories (perceive and interpret the world in terms of their own experience), and they explicitly communicate with and learn from each other.“⁴²

Seit Etablierung der *Sozialen Robotik* als wissenschaftliche Subdisziplin der Robotik in den späten 1990er Jahren (Details siehe Kapitel 2.1.1), wurden zahlreiche Definitions-, Abgrenzungs- und Kategorisierungsversuche gestartet, um zu erklären, was genau ein *sozialer Roboter* ist, wie er sich von einem herkömmlichen Roboter unterscheidet und in welche Kategorien er eingeteilt werden kann. Um den Kern eines *sozialen Roboters* aus dieser Definitionsfülle zu ermitteln, sollen im weiteren Verlauf folgende dreizehn zentrale und häufig zitierte Definitionen der wichtigsten Hauptvertreter der *Sozialen Robotik* in historischer Zeitreihe präsentiert werden:

- „*social robot*“ von DUFFY (2000)

⁴¹ Vgl. Heerink et al. (2007), S. 752

⁴² Vgl. Dautenhahn/Billard (1999), S. 366

- „*socially evocative robot*“ von BREAZEAL (2003)
- „*social interface robot*“ von BREAZEAL (2003)
- „*socially receptive robot*“ von BREZEAL (2003)
- „*sociable robot*“ von BREAZEAL (2003)
- „*socially situated robot*“ von FONG et al. (2003)
- „*socially embedded robot*“ von FONG et al. (2003)
- „*socially interactive robot*“ von FONG et al. (2003)
- „*socially design-centered robot*“ von BARTNECK und FORLIZZI (2004)
- „*socially assistive robot*“ von FEIL-SEIFERT und MATARIC (2005)
- „*humanoid social robot*“ von ZHAO (2006)
- „*socially intelligent robot*“ von DAUTENHAHN (2007)
- „*social robot*“ von HEGEL (2008)

DUFFY schlug 2000 im Zuge seiner strikten Unterscheidung zwischen *Social* und *Societal Robots* folgende Definition für einen *sozialen Roboter* vor:

„A physical entity embodied in a complex, dynamic, and social environment sufficiently empowered to behave in a manner conducive to its own goals and those of its community.“⁴³

Ein *sozialer Roboter* ist in DUFFY's Kontext durch Kommunikation, Kooperation, Koordination, Identität und Beziehung gekennzeichnet. Desweiteren ist ein sozialer Roboter durch eine wechselseitige Interaktion mit einem anderen Roboter oder Menschen gekennzeichnet⁴⁴ und kann als Schnittstelle zwischen Mensch und Technologie gesehen werden. Um die technische Barriere zwischen technischer Information und Mensch bzw. zwischen Maschine und Mensch zu überbrücken, schlägt der Autor Robotiksysteme vor, deren Funktionalität sozial akzeptiert wird. Außerdem schlägt er einen sozialen Roboter vor, dessen Architektur auf folgenden vier Ebenen basiert: physikalisch (Form), reaktiv (Sensorik), beratend (Belief-Desire-Intention Architektur) und sozial (Kommunikationskalkulation via der Sprache Teanga). Es wird bewusst zwischen *societal robotics* (gesellschaftliche Robotik) und *social robotics* (soziale Robotik) unterschieden. Die *gesellschaftliche* Robotik setzt sich mit der Integration von funktionalen

⁴³ Vgl. Duffy et al. (2000), S. 4

⁴⁴ Vgl. Duffy (2003), S. 3

Robotern in der Gesellschaft auseinander, während sie die *soziale Robotik* speziell mit dem sozialen Machtgewinn von Robotern durch Problemlösung beschäftigt. Ein sozialer Roboter interagiert mit anderen sozialen Robotern (Multi-Roboter Interaktion), während ein gesellschaftlicher Roboter mit Menschen interagiert (Mensch-Roboter Interaktion).

BREAZEAL teilte 2003 erstmals *soziale Roboter* je nach Interaktionskomplexitäts- und Sozialitätsgrad in vier Hauptkategorien ein: „*socially evocative*“, „*social interface*“, „*socially receptive*“ und „*sociable*“.

Ein „*socially evocative robot*“⁴⁵ weist in diesem Zusammenhang die niedrigste Interaktionskomplexität und die geringste Fähigkeit, sich in einer Interaktion sozial zu verhalten, auf. Diese Kategorie von sozialen Robotern wird vorrangig dazu entwickelt, um Gefühle bei Menschen zu erzeugen, damit diese mit den Robotern in Interaktion treten bzw. zu einer Mensch-Roboter Interaktion motiviert werden. Als Beispiel für diese Art sozialer Roboter dienen Robotertiere, wie z.B. das Tamagotschi. Nach diesem Modell kann der soziale Roboter durch Vermittlung menschenähnlicher Gefühle eine Interaktion mit Menschen auslösen, diese jedoch auf Grund fehlender reziproker Interaktivität nicht entsprechend weiterführen. Die sozialen Interaktionen sind dadurch nur passiv. KIDD und andere konnten 2002 in ihrer Altersheim-Studie mit der Roboterrobbe *Paro* diesen positiven Effekt der Emotionsauslösung, die die soziale Mensch-Roboter Interaktion verbessert, empirisch nachweisen⁴⁶. STIEHL und andere bezeichneten diese Art von Robotern im Zuge ihrer Studie mit dem Tierroboter *Hugabble* im Altersheimen „Social Interaction Motivators“⁴⁷.

Ein „*social interface robot*“⁴⁸ zeichnet sich durch menschenähnliche soziale Verhaltens- und Kommunikationsweisen durch Gesichtsgesten und Sprachausgabe über eine Schnittstelle aus. Diese Kategorie von sozialen Robotern wird vorrangig dazu entwickelt, um über eine oberflächliche Benutzerschnittstelle durch Vermittlung menschenähnlicher Kommunikations- und Verhaltensweisen eine Mensch-Roboter Interaktion zu erleichtern und diese möglichst natürlich und vertraut zu gestalten. Als Beispiel für diese Art sozialer Roboter dienen Roboter-Museumsführer, wie z.B. Minerva. Nach diesem Modell kann ein Roboter zwar Informationen über eine Benutzerschnittstelle kommunikativ vermitteln und damit die Interaktion für

⁴⁵ Vgl. Breazeal (2003), S. 169

⁴⁶ Vgl. Kidd et al. (2002)

⁴⁷ Vgl. Stiehl et al. (2008)

⁴⁸ Ebd. S. 169

Menschen erleichtern. Die sozialen Interaktionen sind jedoch vorgespeichert und über ein Display vermittelt, dadurch ebenfalls nur passiv.

Ein „*socially receptive robot*“⁴⁹ zeichnet sich passive soziale Interaktionen und Imitationslernen aus. Diese Kategorie von sozialen Robotern wird vorrangig dazu entwickelt, um durch die Interaktion mit Menschen zu lernen. Eine Interaktion mit Menschen verändert im Idealfall die internen kognitiven Strukturen des Roboters, wie z.B. neue Gesten. Menschen können somit das soziale Verhalten des Roboters durch soziale Auslösereize steuern. Als Beispiel für diese Art sozialer Roboter dient ein Personal Robot, der durch Imitation ein bestimmtes Verhalten erlernen soll, z.B. Leonardo. Nach diesem Modell ist ein Roboter zwar auch sozial passiv, kann also nicht proaktiv auf Menschen zugehen und interaktiv reagieren. Er kann aber auf menschliches Demonstrationsverhalten in Form von Imitation antworten.

Ein „*sociable robot*“ weist in diesem Zusammenhang die höchste Interaktionskomplexität und Fähigkeit auf, sich in einer Interaktion sozial zu verhalten. Er wird als ein Roboter charakterisiert, der fähig ist, auf eine menschenähnliche Weise zu interagieren und zu kommunizieren, sowie Menschen zu verstehen:

*“a sociable robot is able to communicate and interact with us, understand and even relate to us, in a personal way. It should be able to understand us and itself in social terms.”*⁵⁰

Laut BREAZEAL ist diese Kategorie von sozialen Robotern also ein auf menschenähnliche Weise sozial intelligenter Roboter, der sich genauso wie ein Mensch verhält, damit dieser im Gegenzug den Roboter nach denselben sozialen Regeln verstehen und Mitgefühl für ihn empfinden kann. Dieser muss fähig sein, sich lebenslang in Form von Imitationslernen an seine Umwelt anzupassen und sich durch menschlich-soziale Verhaltensweisen (Kommunikation, Interaktion, Verstehen) auszudrücken. Um dieses Ziel zu erreichen, muss der Roboter folgende fünf Eigenschaften aufweisen: Embodiment (reale oder virtuelle Verkörperung), naturgetreue Qualitäten (weil Menschen zur Anthropomorphisierung neigen), Identifizierung (um Menschen zu erkennen), Expression (weil Menschen das sich-Verstanden-Fühlen vom Roboter ablesen müssen) und Imitationslernen (um sich an soziale Situationsänderungen anpassen zu können).

⁴⁹ Ebd. S. 169

⁵⁰ Ebd. S. 169

2003 führten FONG und andere im Anschluss an die vier oben dargestellten Kategorien von Breazeal drei weitere Kategorien ein: „*socially embedded*“, „*socially situated*“ und „*socially interactive*“.

Ein „*socially embedded robot*“ wird als ein Roboter definiert, der in ein soziales System und in soziale Interaktionsstrukturen real oder virtuell eingebettet ist:

„A socially embedded agent is part of a social system of agents and their interactions, it is structurally coupled with its social environment.“⁵¹

Roboter werden in diesem Kontext als strukturell an ihre soziale Umwelt gekoppelte Systeme beschrieben. Sie müssen über die vorherrschenden Interaktionsstrukturen in jeweiligen sozialen Systemen Bescheid wissen (Interaktionsbewusstsein), damit sie relevante soziale Interaktionen erkennen, interpretieren, für sich nutzen und daraus lernen können. Der Körper eines Roboters wird in dieser Definition als etwas Besonderes angesehen, weil durch die Verkörperung eines Roboters eine Beziehung zwischen einem technischem System und der Umwelt hergestellt werden kann.

Ein „*socially situated robot*“ wird als ein Roboter charakterisiert, der sich benötigte Informationen über die Gesellschaft und den physischen Geltungsbereich selbständig durch soziale Interaktion mit seiner Umgebung beschafft:

„A socially situated agent acquires information about the social, as well as physical domain through its surrounding environment, and its interactions with the environment may include the physical as well as social world.“⁵²

Ein „*socially interactive robot*“ wird als ein Roboter definiert, der menschlich-soziale Verhaltensweisen ausführt:

„robots that exhibit the following ‚human social‘ characteristics:

⁵¹ Vgl. Dautenhahn et al. (2002), S. 410

⁵² Ebd., S. 410

- *express and/or perceive emotions;*
- *communicate with high level dialogue;*
- *learn/recognize models of other agents;*
- *establish/maintain social relationships;*
- *use natural cues (gaze, gestures, etc.);*
- *exhibit distinctive personality and character;*
- *may learn/develop social competencies.*⁵³

In dieser Definition liegt der Fokus auf einer sozialen Mensch-Roboter Interaktion. Laut FONG sind sozial interaktive Roboter im Vergleich zu anderen Robotern also durch folgende „menschlich-soziale“ Eigenschaften charakterisiert: sie zeigen Emotionen, kommunizieren auf einem hohen Level, erkennen andere Roboter-Modelle, stellen soziale Beziehungen her, nutzen natürliche Gesten, weisen unterschiedliche Persönlichkeiten auf und können soziale Kompetenzen lernend ausbauen. Sie operieren als Partner, Peers oder Assistenten und benötigen demnach, genauso wie *sociable robots*, sowohl einen gewissen Grad an Flexibilität und Anpassungsfähigkeit, als auch die hochentwickelte Fähigkeit, den sozialen Mensch-Roboter Interaktionskontext zu verstehen, um mit Menschen effizient zu interagieren. In der „*socially interactive robotics*“ (SIR) ist das Ziel also, eine nahe und effektive Interaktion mit Menschen herzustellen, damit der Roboter spezifische Aufgaben erfolgreich ausführen oder einfach nur soziales Verhalten vermitteln kann. FONG stellte folgende Eigenschaften für die Einteilung sozial interaktiver Roboter in Klassen vor: Embodiment, Emotion, Dialog, Persönlichkeit, menschlich-orientierte Wahrnehmung, User modeling, soziales Lernen und Intentionalität⁵⁴. Der Begriff wurde deshalb von FONG eingeführt, um in der Mensch-Roboter Interaktion zwischen sozialer Interaktion und Teleoperation unterscheiden zu können. Die Bandbreite des Einsatzes von sozialen interaktiven Robotern ist groß: Der Roboterhund *Aibo* von Sony war der erste interaktive Roboter, der kommerziell vermarktet wurde⁵⁵. Die US-Robotikforscherin Breazeal entwickelte den Roboterkopf *Kismet*, um sozial-emotionale Aspekte der Robotik zu erforschen. Okuno und andere entwickelten ebenfalls einen humanoiden Roboterkopf, der eine sprechende Person visuell und auditorisch zurückverfolgen konnte⁵⁶. Scassellati entwickelte einen Roboter, der die Blicke von Personen nachverfolgen

⁵³ Vgl. Fong (2003), S. 145

⁵⁴ Vgl. Feil-Seifert (2005)

⁵⁵ Vgl. Fujita (2001)

⁵⁶ Vgl. Okuno et. al (2002)

und somit Aufmerksamkeit demonstrieren konnte⁵⁷. Kozima und andere bauten ebenfalls einen Aufmerksamkeitsmechanismus in ihrem entwickelten Roboter ein. Burgard und andere entwickelten einen interaktiven Museumsroboter, der Personen navigieren und als Orientierungshilfe dienen konnte⁵⁸. NEC Corporation entwickelte einen Roboter für den Hausgebrauch, der individuelle Gesichter erkennen, Familienmitglieder durch limitierte Kommunikationsmöglichkeiten unterhalten und als Schnittstelle zwischen Fernsehen und E-Mail fungieren konnte⁵⁹. Shibata und andere entwickelten für den Altenpflegebereich die Roboterrobbe *Paro*, die den mentalen Stress von älteren Personen mindern kann⁶⁰. Dautenhahn und andere gründeten das AURORA-Projekt, wo interaktive Roboter in der Autismustherapie eingesetzt werden, z.B. der humanoide Roboter *Robota*, der als Mediator für zwischenmenschliche Kommunikation fungiert⁶¹. Honda entwickelte den humanoiden Roboter *Asimo*, der zahlreiche andere humanoide Robotikforscher in Folge dessen inspirierte⁶². Und Kanda entwickelte für den Kindergartenbereich den interaktiven humanoiden Roboter *Robovie*, der als ebenbürtiger Englisch-Tutor erstmalig im Alltag eingesetzt wurde⁶³.

Einen weiteren Definitionsvorschlag für einen sozialen Roboter lieferten 2004 BARTNECK und FORLIZZI:

„A social robot is an autonomous or semi-autonomous robot that interacts and communicates with humans by following the behavioral norms expected by the people with whom the robot is intended to interact.“⁶⁴

Um nach dieser Definition als sozialer Roboter zu gelten, muss ein Roboter real oder virtuell verkörpert sein und Entscheidungen selbst fällen können. Roboter, die durch Teleoperation aktiv gesteuert werden, werden nicht als soziale Roboter gesehen. Desweiteren zählen Roboter, die nur mit anderen Robotern interagieren und kommunizieren, nicht als soziale Roboter. Kooperative Interaktion allerdings stellt keine Voraussetzung dar, um als sozial eingestuft zu werden, da in Wettbewerbssituationen auch unkooperative Verhaltensmuster sozial sein können. Kommunikation stellt ebenso keine Voraussetzung dar. Die wesentliche Voraussetzung liegt vielmehr im *Verstehen* menschlicher Aktivitäten in einer Gesellschaft, die

⁵⁷ Vgl. Scassellati (2000)

⁵⁸ Vgl. Burgard et. al (1998)

⁵⁹ Vgl. NEC Co. (2002)

⁶⁰ Vgl. Shibata/Tanie (2001)

⁶¹ Vgl. Dautenhahn/Werry (2002)

⁶² Vgl. Sakagami et al. (2002)

⁶³ Vgl. Kanda et al. (2004)

⁶⁴ Vgl. Bartneck/Forlizzi (2004), S. 592

durch soziale Normen geprägt ist. Daraus leiten sich folgende Eigenschaften für einen sozialen „*designzentrierten*“ Roboter ab, die als Produkte betrachtet werden, die Ko-Erfahrungen und soziale Interaktionen erleichtern:

- Form (abstrakt, biomorph und anthropomorph)
- Kommunikationskanal (unimodal und multimodal)
- Wissen über soziale Normen
- Autonomiegrad
- Interaktivitätsgrad

Aus diesen Punkten entwickelten Bartneck und Forlizzi einen Leitfaden⁶⁵ zur übersichtlichen Darstellung der Komponenten, die ein sozialer Roboter beinhalten sollte, um als sozial gelten zu können. Die Form des Roboters sollte mit seiner Funktion und den Erwartungen der Benutzer übereinstimmen. Desweiteren sollte die Kommunikation verbal und nonverbal auf allen Kommunikationskanälen ablaufen und der soziale Roboter Kommunikationsfehler managen können. Und zuletzt sollte der Roboter fähig sein, menschlich-soziale Normen mit zu berücksichtigen und ein Verhaltens-Set aufweisen.

FEIL-SEIFER und MATARIC starteten 2005 den Versuch, eine weitere Kategorie von sozialen Robotern zu definieren. Ein „*socially assistive robot*“ wird laut deren Meinung als ein Roboter definiert, der Menschen durch soziale Interaktionen Hilfe bei körperlichen oder geistigen Beeinträchtigungen anbietet:

„robots that provide assistance through interaction and without physical contact“⁶⁶

Die *socially assistive robotics* ist als Schnittstelle zwischen der *assistive robotics* und der *socially interactive robotics* entstanden und hat zum Ziel, Menschen vor allem in der Rehabilitation und Genesung durch soziale Interaktionen zu unterstützen. Der Schwerpunkt liegt darin, dass die Unterstützung durch soziale Interaktion stattfindet. Folgende Klassifizierung wurde im Zuge der Definition angegeben: nach Zielpopulation (Ältere Menschen, körperlich Eingeschränkte, Menschen in der Konvaleszenz, Autisten und Studenten), nach Bedarf der Benutzer (Tutoring, Therapie, Alltagsassistentz und Emotionale Unterstützung), nach interaktiver Kommunikationsmodalität (Sprache, Geste, direkte Eingabe) sowie nach der Roboterrolle.

⁶⁵ Ebd. S. 593

⁶⁶ Vgl. Feil-Seifert/Mataric (2005), S. 465

ZHAO führte 2006 ebenfalls eine weitere Kategorie für einen sozialen Robotern ein: „*humanoid social robots*“, die durch drei essenzielle Komponenten - robotische, soziale und humanoide - gekennzeichnet sind:

„Humanoid social robots are a special category of robots formally defined here as human-made autonomous entities that interact with humans in a humanlike way. This definition contains three essential components: ‘humanmade autonomous entities’ (robotic), ‘interact with humans’ (social) and ‘in a humanlike way’ (humanoid).“⁶⁷

ZHAO definiert *humanoide soziale Roboter* also formal als menschlich hergestellte autonome Entitäten, die mit Menschen in einer menschenähnlichen Weise interagieren. Diese Definition basiert auf drei wesentlichen Komponenten: „menschlich hergestellte autonome Entitäten“ (roboterhaft), „mit Menschen interagierend“ (sozial) und „in einer menschenähnlichen Weise“ (humanoid). Abhängig vom Einsatzgebiet können laut ZHAO autonome Roboter in zwei Hauptkategorien gruppiert werden: mechanische Roboter, die sich im physischen Raum (real) und Softwareagenten, die sich im Cyberspace (virtuell) aufhalten. Nicht alle Roboter sind dazu entwickelt, um mit Menschen zu interagieren, sondern um eine bestimmte Funktion zu erfüllen (siehe Industrie- und viele Haushaltsroboter). Soziale Roboter hingegen sind speziell dazu entwickelt, um mit Menschen zu interagieren⁶⁸. Aber nicht alle Mensch-Roboter Beziehungen können als sozial eingestuft werden. Und um eine soziale Beziehung herzustellen, bedarf es laut Zhao der Kommunikation, die verbal oder nonverbal gestaltet sein kann. Genauso wie nicht alle Roboter soziale Roboter sind, sind nicht alle sozialen Roboter auch humanoide Roboter. Um als humanoider Roboter eingestuft zu werden, muss ein Roboter eine „unheimliche“ (*uncanny*) Fähigkeit, menschliches Verhalten zu imitieren, sowie partiell die Fähigkeit die natürliche menschliche Sprache zu benutzen, zeigen können⁶⁹. Technische Fortschritte im Bereich der Spracherkennung und text-to-speech Konversation haben es Roboterentitäten bereits ermöglicht, mit Menschen zu kommunizieren.

DAUTENHAHN definierte 2007 „*socially intelligent robots*“ als Roboter mit menschlich-sozialer Intelligenz:

„Robots that show aspects of human-style social intelligence, based on possibly deep models of human cognition and social competence.“

⁶⁷ Vgl. Zhao (2006), S. 405

⁶⁸ Vgl. Breazeal (2001)

⁶⁹ Vgl. Wiener (1950), S. 1

Die hier dargestellten Roboter weisen Elemente von menschlich-sozialen Interaktions- und Verhaltensstilen auf, da Sozialität laut Meinung von Dautenhahn im Kern der kognitiven Entwicklung liegt. Um die kognitive Entwicklung von Robotern zu untersuchen, wird der Roboter als Teil der Gesellschaft, die auf sozialen Interaktionen basiert, gesehen. Die Forschungsrichtung ist durch die *Aktivitätstheorie* von Lew Semjonowitsch Wygotski inspiriert und durch folgende Punkte gekennzeichnet: Kommunikation, Lernen im sozialen Kontext und Internalisierung.

Und schließlich lieferten 2008 HEGEL und andere unter Berücksichtigung bereits existierender Definitionen folgende aktuelle, ganzheitlich orientierte und für die vorliegende Arbeit relevante Definition für einen sozialen Roboter:

„A social robot is a robot plus a social interface. A social interface is a metaphor which includes all social attributes by which an observer judges the robot as a social interaction partner.“⁷⁰

Laut dieser Definition gilt ein Roboter erst dann als sozial, wenn er eine soziale Schnittstelle aufweist. Als soziale Schnittstelle wird die spezifische Fähigkeit eines Roboters zu *kommunizieren*, gesehen (*Kommunikation* siehe Kapitel 2.1.1). Hierzu zählen in Anlehnung an die *Theory of Product Language* die *soziale Form*, die *soziale Funktion* und der *soziale Kontext* eines Roboters. Jeder Roboter besitzt eine ästhetische *Form* im Sinne einer virtuellen oder realen Verkörperung, eine bestimmte *Funktion* im Sinne eines bestimmten Verhaltens und handelt in einem bestimmten *Kontext* im Sinne eines Problemlösungsprozesses. Ein sozialer Roboter unterscheidet sich von einem Roboter durch diese soziale Schnittstelle. Die Form eines Roboters gilt dann als sozial, wenn ein Roboter ein expressives Gesicht aufweist, durch das er soziale Signale senden oder das Gesicht seines menschlichen Gegenübers imitieren kann und damit eine wesentliche Änderung des Kommunikationsverhaltens bewirkt. Die Funktion eines Roboters gilt dann als sozial, wenn die Handlungen eines Roboters durch soziale Verhaltensweisen wie Emotionen, geteilter Aufmerksamkeit, Sprache und Spracherkennung begleitet sind. Und schließlich gilt der Kontext eines sozialen Roboters dann als sozial, wenn das wo, Warum und Wann einer Mensch-Roboter Interaktion bestimmt sind und die Erwartungen der Benutzer durch die Einnahme einer sozialen Rolle erfüllt werden. Soziale

⁷⁰ Vgl. Hegel et al. (2008), S. 579

Form, soziale Funktion und sozialer Kontext haben jeweils gegenseitig Einfluss aufeinander. Um einen Roboter sozial zu gestalten, müssen also die soziale Form, die soziale Funktion und der soziale Kontext festgelegt werden. Dieses Definitionsmodell soll in Zukunft als Designleitfaden für soziale Roboter dienen und weiterentwickelt werden.

Ausgehend von den obigen Definitions- und Abgrenzungsbemühungen, lassen sich in Anlehnung an LOHSE⁷¹ folgende Anwendungsbereiche für *soziale Roboter* festlegen.

- *Spezielle* Anwendungsbereiche, die durch klar definierte Aufgaben und wenig Kommunikation zwischen Roboter und Benutzern charakterisiert sind. Diese Roboter - im öffentlichen und privaten Leben gleichermaßen eingesetzt - sind kaum von komplizierten sozialen Interaktionen abhängig.
- *Öffentliche* Anwendungsbereiche, die durch viele Benutzer und dem Bedarf an einem allgemeinem Kommunikationsmodell, das für alle Benutzer gleich ist, charakterisiert sind. Die Interaktion findet kurzfristig und in der Öffentlichkeit statt. Diese Roboter benötigen fortgeschrittene soziale Interaktionsmodelle, um eingesetzt werden zu können.
- *Individuelle* Anwendungsbereiche, die durch komplexe alltägliche Aufgaben, hochgradige Kommunikations- und Interaktionsfähigkeit charakterisiert sind. Die Interaktion findet langfristig, selektiv und im Privatbereich statt. Diese Roboter sind abhängig von sehr stark entwickelten sozialen Interaktionsfähigkeiten, in der eine menschenähnliche Gestalt von Vorteil ist.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein *sozialer Roboter* unter Zusammenführung der oben angeführten theoretischen Definitionen und Forschungsansätze, folgendes ist: eine autonome technische Entität mit einer sozialen Schnittstelle. Die soziale Schnittstelle ist durch eine soziale Form (z.B. expressives Gesicht), eine soziale Funktion (z.B. interaktive Kommunikation) und einen sozialen Kontext (z.B. spezielle Roboterrolle) gekennzeichnet. Ein industrieller Roboter besitzt keine solche soziale Schnittstelle. Demnach unterscheidet sich ein sozialer Roboter von einem industriellen Roboter also durch diese soziale Schnittstelle. Je nach Interaktionskomplexität und Sozialitätsgrad eines sozialen Roboters, unterscheidet man innerhalb der Gruppe der sozialen Roboter folgende Subgruppen:

⁷¹ Vgl. Lohse (2007), S. 442

- Soziale Roboter, die eine soziale Interaktion nur initiieren können (*socially evocative robots*).
- Soziale Roboter, die eine soziale Interaktion nur durch eine oberflächliche Benutzerschnittstelle ausführen können (*social interface robots*).
- Soziale Roboter, die eine soziale Interaktion nur passiv durch Imitationslernen empfangen können (*socially receptive robots*).
- Soziale Roboter, die eine soziale Interaktion proaktiv durch Interaktions-, Kommunikation- und Verstehensprozesse initiieren und führen können (*sociable robots*).
- Soziale Roboter, die real oder virtuell in ein soziales System und soziale Interaktionsstrukturen eingebettet sind (*socially embedded robots*).
- Soziale Roboter, die von einer sozialen Umwelt umgeben sind, in der sie fähig sein müssen, die unterschiedlichen Akteure und Objekte zu unterscheiden (*socially situated robots*).
- Soziale Roboter, die eine soziale Interaktion nur um der Interaktion willen auf eine menschenähnliche Weise führen können (*socially interactive robots*).
- Soziale Roboter, die eine soziale Interaktion nur unter Berücksichtigung der Erfüllung der menschlichen Erwartungen führen können (*social design-centered robots*).
- Soziale Roboter, die kognitiv oder körperlich eingeschränkten Menschen durch soziale Interaktion Unterstützung anbieten können (*socially assistive robots*).
- Soziale Roboter, die mit Menschen in einer menschenähnlichen Weise interagieren können (*humanoid social robots*).
- Soziale Roboter, die eine soziale Interaktion basierend auf intelligenten Verarbeitungsprozessen führen können (*socially intelligent robots*).
- Soziale Roboter, deren Sozialität in der sozialen Form, sozialen Funktion und dem sozialen Kontext begründet liegt.

2.1.5 Was ist ein Humanoid?

Ein humanoider Roboter ist eine Maschine, die die *Form* und *Funktion* eines Menschen aufweist⁷².

Umgelegt in den Forschungskontext der Sozialen Robotik ist laut Definition von ZHAO ein *humanoider sozialer Roboter*⁷³ - als Spezialkategorie der Robotik - eine von Menschen hergestellte autonome Entität, die mit Menschen in einer menschenähnlichen Weise interagieren soll. Die Definition vereint drei grundlegende Komponenten: die robotische (Autonomie), soziale (Interaktion) und die humanoide (Menschenähnlichkeit).

Als autonom gilt ein Roboter, wenn er die Fähigkeit besitzt, zumindest auf einem geringen Level eigenständig und selbstgerichtet, also ohne Teleoperation durch andere, zu handeln. Ein vorprogrammierter Roboter wird noch als autonomer Roboter gezählt. Ein Roboter kann entweder eine physikalische oder digitale Form annehmen und somit entweder als eine reale Maschine oder eine virtuelle Animation auftreten. Daraus leitete Zhao zwei Hauptkategorien für Roboter ab: mechanische Roboter, die sich im physischen Raum und Softwareagenten, die sich im Cyberspace aufhalten.

Als sozial gilt ein autonomer Roboter, wenn er die Fähigkeit besitzt, mit Menschen verbal und nonverbal in Form von Text, Stimme oder Gesten zu kommunizieren.

Als humanoid gilt ein autonomer sozialer Roboter, wenn er erstens die Fähigkeit besitzt, mit Menschen in einer natürlichen menschlichen Sprache durch Spracherkennung und -ausgabe zu kommunizieren. Und zweitens, wenn seine reale oder virtuelle Form der des Menschen ähnelt.

Als Startschuss für die Gestaltung *humanoider sozialer Roboter* gilt die Darmouth Summer Conference on AI 1956⁷⁴. Der erste humanoide Roboter wurde in den späten 1960er Jahren von Stanford Research Institute entwickelt. Mit der Gründung der Sozialen Robotik in den 1990er Jahren, bekam auch die humanoide Robotik durch den Bedarf an menschenähnlichen sozialen Interaktionsakteuren, neuen Aufschwung. Folgende humanoide soziale Roboter wurden in dieser Zeit entwickelt: Cog⁷⁵, Kismet⁷⁶, Furby⁷⁷, Aibo⁷⁸ und My Real Baby⁷⁹.

⁷² Vgl. Ambrose (2008), S. 42

⁷³ Vgl. Zhao (2008), S. 405

⁷⁴ Ebd. S. 407

⁷⁵ Quelle: <http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/cog/> (Letzter Stand: 13.04.2010)

⁷⁶ Quelle: <http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html> (Letzter Stand: 13.04.2010)

⁷⁷ Quelle: <http://www.hasbro.com/> (Letzter Stand: 13.04.2010)

⁷⁸ Quelle: <http://support.sony-europe.com/aibo/> (Letzter Stand: 13.04.2010)

Ausgehend von der Rolle, die sie einnehmen, lassen sich humanoide soziale Roboter in zwei Hauptkategorien einteilen⁸⁰:

- Utilitarian humanoid social robots, gekennzeichnet durch eine funktionale Mensch-Roboter Interaktion im kommerziellen Sektor (z.B. Roboterrezeptionisten)
- Affective humanoid social robots: gekennzeichnet durch eine emotionale Mensch-Roboter Interaktion im privaten Bereich (z.B. Robotertiere)

Die humanoide Robotik wächst und humanoide Serviceroboter, die mit Kommunikations- und Interaktionsmechanismen ausgestattet sind, werden in naher Zukunft Teil der Gesellschaft werden und Menschen als „Partner“ in zahlreichen Aufgabengebieten assistieren⁸¹.

In der obigen Ausführung wurde der Begriff *Humanoid* als formell und funktionell *menschenähnliche* Maschine definiert. Um nachvollziehen zu können, was der Begriff Menschenähnlichkeit überhaupt bedeutet und wie und mit welchem Ziel eine solche Zuschreibung von menschlichen Eigenschaften auf einen Roboter erfolgen kann, soll im folgenden Kapitel deshalb der Begriff *Anthropomorphismus* vorgestellt werden.

2.1.6 Was ist Anthropomorphismus?

Anthropomorphismus leitet sich von den griechischen Wörtern *anthropos* für Mensch und *morphe* für Form oder Struktur ab und beschreibt die Tendenz, leblosen Gegenständen, Tieren und Ähnlichem menschliche Eigenschaften und Verhaltensweisen zuzuschreiben, mit dem Ziel die Handlungen ihres Gegenübers vernünftig begründen zu können⁸². DENNET definiert den Begriff Anthropomorphismus als *intentionale Grundhaltung*:

“the strategy of interpreting the behavior of an entity (person, animal, artifact, whatever) by treating it as if it were a rational agent who governed its ‘choice’ of ‘action’ by a ‘consideration’ of its ‘beliefs’ and ‘desires.’”⁸³

Dieses Phänomen, nämlich menschenähnliche Eigenschaften nicht-menschlichen Entitäten zuzuschreiben, mit dem Ziel deren Handlungen kognitiv und emotional nachzuvollziehen, kann auch als durch Menschen *projizierte Intelligenz* (siehe Kapitel 2.1.1) betrachtet werden.

⁷⁹ Quelle: <http://www.irobot.com/> (Letzter Stand: 13.04.2010)

⁸⁰ Vgl. Breazeal (2000)

⁸¹ Vgl. Kupferberg et al. (2009), S. 1

⁸² Vgl. Duffy (2003), S. 172

⁸³ Vgl. Dennett, D. (1996): *Kinds of Minds*. New York: Basic Books zitiert nach Duffy (2003), S. 172

Man unterscheidet zwischen impliziter und expliziter Anthropomorphisierung⁸⁴. Implizite Vermenschlichung entsteht unbewusst und spontan (Beobachtung), explizite Vermenschlichungsprozess jedoch bewusst und reflektiert (Befragung).

HEGEL und andere konnten das *Vermenschlichungs*-Phänomen empirisch nachweisen. Sie konnten in ihrer Spieler-Studie beobachten, dass Menschen implizit menschenähnliche Verhalten und Befindlichkeiten auf nicht-menschliche Roboter übertagen⁸⁵.

Die folgende Abbildung zeigt eine von DUFFY entwickelte Anthropomorphismus-Landkarte, die Roboter je nach ihrem Anthropomorphismusgrad in drei unterschiedliche Kategorien einteilt, nämlich kultig (Comic), abstrakt (funktionaler Roboter) und menschlich (menschenähnlicher Roboter) und als Richtlinie für das Design von Roboterköpfen dienen soll⁸⁶:

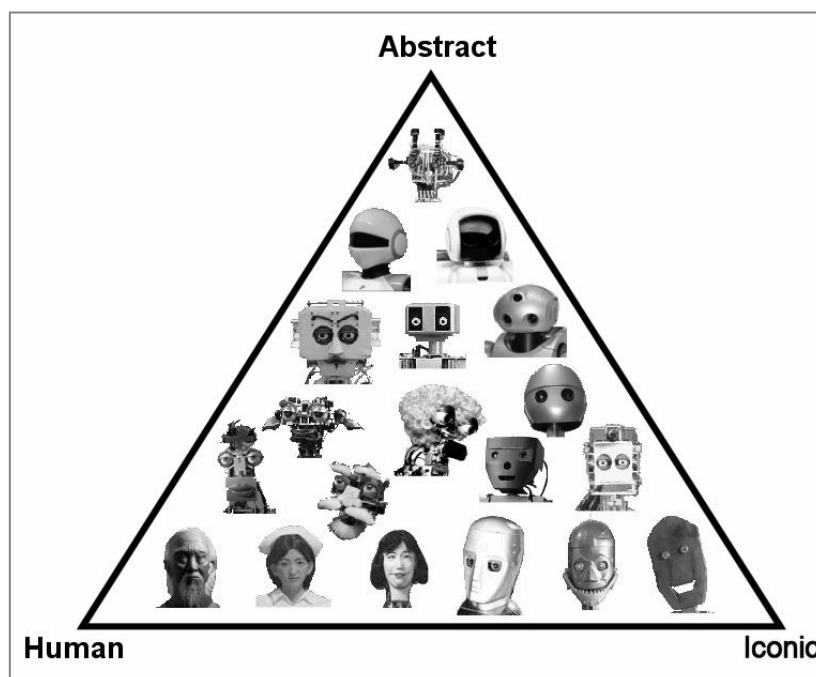


Abbildung 2: Anthropomorphismus-Landkarte nach Duffy (2003)

Das Forschungsprogramm „Computer als soziale Akteure“ (CASA)⁸⁷ greift das Phänomen Anthropomorphisierung empirisch auf. Die zugrunde liegende Hauptthypothese besagt, dass sich Menschen gegenüber Computern, unbewusst (*automatisch* und *gedankenlos*) durch Anwenden derselben sozialen Interaktionsregeln wie mit anderen Menschen, sozial verhalten.

⁸⁴ Vgl. Echterhoff et al. (2006), S. 227

⁸⁵ Vgl. Hegel et al. (2008), S. 173

⁸⁶ Vgl. Duffy (2003), S. 2

⁸⁷ Vgl. Nass/Moon (2000); Nass et al. (1997); Reeves/Nass (1996); Nass et al. (1994)

Der CASA-Ansatz folgt damit der Annahme, dass Maschinen „auch bei einem geringen Grad an Menschenähnlichkeit wie menschliche Interaktionspartner behandelt werden“⁸⁸.

Die Implementierung von weiteren menschenähnlichen Merkmalen, so wird in der sozialen Robotik darauf aufbauend vermutet, würde die Mensch-Maschine Interaktion deutlich erleichtern und womöglich sogar erst ermöglichen⁸⁹. In der Tat konnte dieser positive Effekt für die soziale Robotik auch wissenschaftlich nachgewiesen werden: NOURBAKSH und andere konnten nachweisen, dass die Implementierung eines Roboterkopfes mit Blickkontaktfähigkeiten, Auswirkungen auf die Interaktionsbereitschaft der Probanden hatte⁹⁰. Allerdings konnte in anderen Studien auch ein negativer Effekt durch die zunehmende Menschenähnlichkeit von Robotern auf die Mensch-Roboter Interaktion wissenschaftlich belegt werden. Diese Ergebnisse decken sich mit MORI's⁹¹ *Uncanny Valley-These* (Details siehe Kapitel 2.1.8), der zufolge zunehmend anthropomorphe Roboter zwar tatsächlich positive Reaktion bei Menschen auslösen, jedoch durch den starken Einbruch ab einem bestimmten Menschenähnlichkeitsgrad, kein *linearer* Zusammenhang zwischen Anthropomorphismus und menschlicher Akzeptanz nachgewiesen werden konnte.

Ausgelöst durch die *Uncanny Valley-These* und die dadurch in der sozialen Robotik stattfindende Relativierung der These, dass zunehmende Menschenähnlichkeit von Robotern zweckmäßiger für eine Mensch-Roboter Interaktion ist, führten GOETZ und andere eine empirischen Studie durch. Sie fanden heraus, dass Probanden für stark interaktive, soziale Aufgaben eher menschenähnliche, also antropomorphe Roboter bevorzugen, und für weniger soziale Aufgaben eher maschinenähnliche Roboter bevorzugen. Da dieser Effekt der ursprünglich angenommenen These widerspricht, dass zunehmende Menschenähnlichkeit von Robotern die Interaktion begünstigt, formulierten die Autoren in diesem Zusammenhang die *Passungshypothese* (matching hypothesis)⁹². Diese besagt, dass je besser das antropomorphe Design und Verhalten eines sozialen Roboters mit seiner *Rolle* und *Funktion* sowie den Erwartungen der Benutzer übereinstimmt, desto erfolgreicher verläuft die Mensch-Roboter Interaktion.

Laut HEGEL⁹³ ist das Phänomen der Anthropomorphisierung überhaupt dafür verantwortlich, dass ein Roboter überhaupt als soziale Entität, also als ein sozialer Roboter, wahrgenommen

⁸⁸ Vgl. Echterhoff et al. (2006)

⁸⁹ Vgl. Duffy (2003)

⁹⁰ Vgl. Nourbaksh et al. (2001)

⁹¹ Vgl. Mori (1970) zitiert nach MacDorman/Ishiguro (2006)

⁹² Vgl. Goetz et al. (2003), S. 55

⁹³ Vgl. Hegel (2008), S. 574

wird. Menschen scheinen Roboter unbewusst wie andere Menschen wahrzunehmen. Die Soziale Robotik hat sich dieses Phänomen der *Vermenschlichung* von künstlichen Gebilden zunutze gemacht, indem sie Roboter *anthropomorph*⁹⁴, also menschenähnlich, gestaltet haben. Nicht, um einen künstlichen Menschen zu schaffen, sondern um den daraus resultierenden Vorteil für die Erleichterung und Verbesserung einer Mensch-Roboter Interaktion zu nutzen. Man nimmt an, dass ein *menschenähnlich* gestalteter Roboter eine Mensch-Roboter Interaktion deshalb erleichtern kann, da den Menschen die darin erwarteten sozialen Interaktionsprinzipien bekannt sind. Impliziert jedoch gleichzeitig, dass die Erwartungen der Menschen enttäuscht werden können und Anthropomorphismus dadurch sogar einen negativen Effekt auf die soziale Mensch-Roboter Interaktion haben könnte⁹⁵ (siehe Kapitel 2.1.8). Trotzdem liegt der Schluss nahe, dass antropomorphe humanoide Roboter qualifizierter als industrielle Roboter für eine soziale Interaktion und Kommunikation zu sein scheinen, weil die menschlichen Interaktionspartner viel *intuitiver* mit ihnen interagieren⁹⁶. Laut BREAZEAL⁹⁷ muss ein Roboter nämlich, um mit Menschen so zu interagieren wie Menschen mit Menschen interagieren (Sprache, Blickkontakt und Gesten z.B.), strukturell und funktional so ähnlich gestaltet sein wie ein Mensch. Laut BILLARD⁹⁸ muss ein Roboter, um von Menschen durch Imitation lernen zu können, auch fähig sein, sich so zu verhalten wie Menschen.

DiSALVO konnte empirisch nachweisen, dass ein Roboter offenbar menschenähnlicher wahrgenommen wird, wenn dieser ein Gesichtsdisplay aufweist, da Gesichtsstimuli einen Rückschluss auf *Lebendigkeit* und *Menschenähnlichkeit* zu lassen⁹⁹. Desweiteren konnten RIEK und andere empirisch nachweisen, dass Menschen sich stärker in menschenähnliche Roboter einfühlen als in maschinenähnliche¹⁰⁰. ISHIGURO hat sich der Entwicklung von Androiden verschrieben, einer speziellen Form von Robotern, die auf den ersten Blick, auf Grund ihrer stark anthropomorphen Gestalt, kaum von Menschen zu unterscheiden sind.

Die Herausforderung für die Soziale Robotik im Umgang mit dem Vermenschlichungsphänomen liegt aber dennoch in der Balance zwischen den Erwartungen der Benutzer und den tatsächlichen Fähigkeiten des Roboters bzw. seiner Illusion, die er bei Menschen hervorruft, um sie glauben zu lassen, er erfülle ihre Erwartungen¹⁰¹.

⁹⁴ Vgl. Fong et al. (2003), S. 150

⁹⁵ Vgl. Mori (1970) zitiert nach MacDormanc/Ishiguro (2006)

⁹⁶ Vgl. Kupferberg (2009), S. 1

⁹⁷ Vgl. Breazeal (2003)

⁹⁸ Vgl. Billard (2003), S. 259-269

⁹⁹ Vgl. DiSalvo et al. (2002)

¹⁰⁰ Vgl. Riek et al. (2009), S. 246

¹⁰¹ Vgl. DiSalvo (2002)

BARTNECK¹⁰² unternahm 2008 den Versuch, ein geeignetes Messinstrument für Anthropomorphisierung von Robotern zu entwerfen. Die daraus resultierende Likertskala, die im Kapitel 3 für die vorliegende Untersuchung entsprechend adoptiert wurde, misst den Vermenschlichungseffekt, also den Anthropomorphisierungsgrad eines Roboters, durch folgende reliable Items:

Fake Falso 偽物のような	1	2	3	4	5	Natural Natural 自然な
Machinelike Con Aspecto de Máquina 機械的	1	2	3	4	5	Humanlike Con Aspecto Humano 人間的
Unconscious Inconciente 意識を持たない	1	2	3	4	5	Conscious Mentalmente Alerta 意識を持っている
Artificial Artificial 人工的	1	2	3	4	5	Lifelike Parece Vivo 生物的
Moving rigidly Se Mueve Rígidamente ぎこちない動き	1	2	3	4	5	Moving elegantly Se Mueve con Fluidez 洗練された動き

Abbildung 3: Godspeed Anthropomorphism nach Bartneck 2009

Die Vermenschlichung von Robotern setzt voraus, dass diese einen „Körper“ besitzen. Die „Verkörperung“, in der Fachsprache *Embodiment* bezeichnet, wurde in den vorangegangenen Kapitel auch als Voraussetzung für einen Roboter genannt und kann auch mit dem Begriff „*social situated*“ von Fong und anderen gleichgesetzt werden. Embodiment beschreibt nach WEISS¹⁰³ die Beziehung zwischen einem System und seiner Umwelt. Ein Roboter kann entweder real oder virtuell mit seiner Umwelt in Beziehung stehen. Studien haben gezeigt,

¹⁰² Vgl. Bartneck (2008)

¹⁰³ Vgl. Weiss (2009)

dass die Verkörperung von Robotern - genauso wie oben präsentiert die Vermenschlichung - Einfluss auf die Performance und Wahrnehmung der Mensch-Roboter Interaktion hat¹⁰⁴. Menschen schreiben Robotern aufgrund ihrer Fähigkeiten bestimmte Eigenschaften zu. Die Fähigkeiten eines Roboters, sprich Intelligenz, sind demzufolge an seine Form, sprich Embodiment, gekoppelt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Anthropomorphismus im Robotikkontext die *Vermenschlichung* von Robotern, also die Zuschreibung von menschlichen Eigenschaften und Verhaltensweisen durch Menschen, bedeutet. Man unterscheidet zwischen impliziter und expliziter Anthropomorphisierung. Implizite Anthropomorphisierung entsteht spontan und unbewusst (automatische Reaktionen, Beobachtung), während explizite Anthropomorphisierung reflektiert und bewusst durchgeführt wird (überlegte Reaktionen, Befragung)¹⁰⁵. Anthropomorphismus spielt in der sozialen Robotik, in der die positive Gestattung einer Mensch-Roboter Interaktion vordergründiges Ziel darstellt, eine signifikante Rolle. Ausgelöst durch das CASA-Forschungsprogramm, die auf der Annahme beruht, dass Menschen Maschinen als Sozialpartner behandeln, widmeten sich Forscher in der sozialen Robotik dem Phänomen Anthropomorphismus. Zu Beginn wurde angenommen, dass mit zunehmender Anthropomorphisierung der Form und des Verhaltens eines Roboters die Mensch-Roboter Interaktion erfolgreicher verlaufen würde. Im Zuge weitergehender Forschungen auf dem Gebiet, die zwar diesen positiven Effekt nachweisen konnten, wurden allerdings auch negative Effekte entdeckt - nämlich das sogenannte „Unheimliche Tal“ (Uncanny Valley) ab einer bestimmten anthropomorphen Designgrad eines Roboters. Infolge dessen wurde die ursprüngliche These durch die *Passungshypothese* relativiert. Seither wird das Phänomen Anthropomorphismus deutlich differenzierter betrachtet. Es gilt nicht mehr das Prinzip „Je menschenähnlicher ein Roboter, desto besser die Mensch-Roboter Interaktion“, sondern die Richtlinie „Je besser die Interaktionserfordernisse mit den Erwartungen der Benutzer übereinstimmen, desto besser Mensch-Roboter Interaktion“. Das nächste Kapitel soll den Uncanny Valley-Effekt näher erläutern.

¹⁰⁴ Vgl. Feil-Seifer et al. (2007), S. 5

¹⁰⁵ Vgl. Echterhoff et al. (2003), S. 277

2.1.7 Was ist das Uncanny Valley?

Das *Uncanny Valley* („Tal des Unheimlichen“) ist eine These vom japanischen Robotiker MORI aus dem Jahre 1970, der den Zusammenhang zwischen Roboter-menschenähnlichkeit und Roboterakzeptanz untersuchte. Es beschreibt den Effekt, dass die von Menschen empfundene Vertrautheit mit einem Roboter (*familiarity*) mit zunehmender Menschenähnlichkeit (*human likeness*) so weit ansteigt, bis ein gewisser Punkt erreicht wird, an dem die Roboter-Menschenähnlichkeit plötzlich stark Imperfektion empfunden wird und negative Reaktionen sowie großes Unbehagen (*unheimliches Tal*) bei den Menschen auslöst. Dieses *unheimliche Tal* kann sodann nur durch die *perfekte Annäherung an einen Menschen* verlassen werden. Die folgende Abbildung soll den *Uncanny Valley*-Effekt veranschaulichen¹⁰⁶:

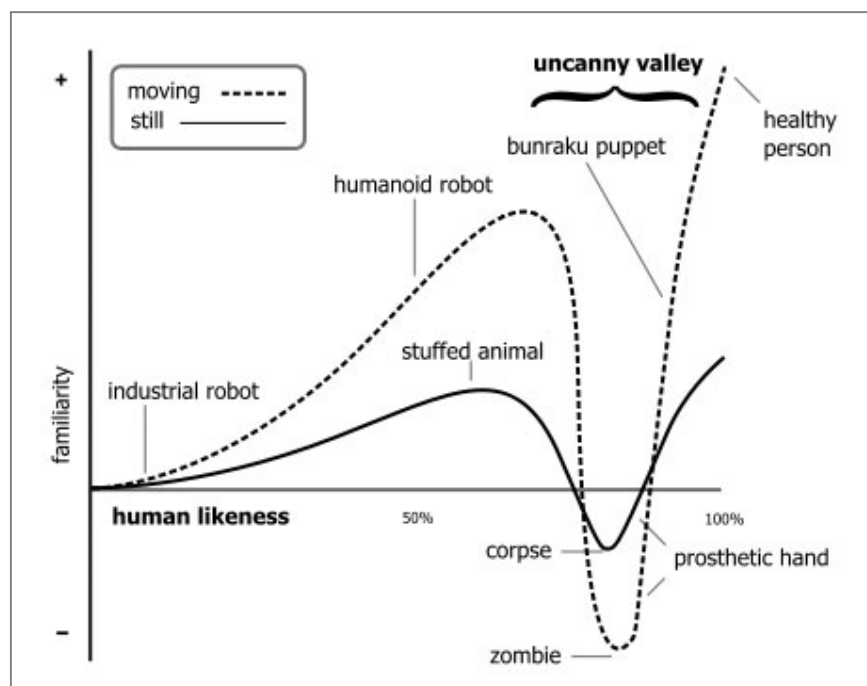


Abbildung 4: Uncanny Valley von Mori nach MacDorman (2005)

Basierend auf diesen Ergebnissen warnte MORI davor, Roboter total menschenähnlich zu gestalten, um die Mensch-Roboter Interaktion vor den „unheimlichen“ Risiken zu schützen. Als sehr menschenähnliche Roboter zählen im Vergleich zu den mechanisch-menschenähnlichen Humanoiden Androiden, die mit dem Ziel entwickelt werden, sich auf den ersten Blick kaum von Menschen im Aussehen und Verhalten zu unterscheiden¹⁰⁷.

MacDORMAN und ISHIGURO versuchten aus einem in der Fachgemeinde existierenden erklärungs-wissenschaftlichen Notstand heraus, diesen Effekt anhand der *Terror Management*

¹⁰⁶ Vgl. Mori (1970) zitiert nach MacDorman (2005) und MacDorman (2006), S. 299

¹⁰⁷ Vgl. MacDorman/Ishiguro (2005)

Theory zu erklären. Sie stellten die These auf, dass das *unheimliche* Gefühl bei den Menschen dadurch ausgelöst wird, weil der Roboter diese an den Tod erinnert und *affektiv* dadurch Ängste auslöst¹⁰⁸. Desweiteren führten sie als weitere Erklärung für die Entstehung des unheimlichen Tals die Missachtung der Interaktionserwartungen der Benutzer (*expectation violation*) durch die Simulation von menschlich-sozialen Eigenschaften, die der Roboter aber real nicht aufweist¹⁰⁹. Eine weitere Erklärung zum Uncanny-Valley-Effekt versuchten auch ECHTERHOFF und andere aus sozialwissenschaftlicher Sicht zu liefern:

„Das Schema <Mensch> oder <menschlicher Interaktionspartner> ist zwar stark aktiviert; das Wahrnehmungsobjekt kann jedoch nicht vollständig an diese Schema assimiliert werden.“¹¹⁰

Die Formulierung der *Uncanny Valley*-These hat in der Forschungsgemeinschaft, wie im Kapitel 2.1.6 bereits ausführlich dargelegt, ein Umdenken im Design von Robotern ausgelöst. Ging man ursprünglich davon aus, dass ein Roboter menschenähnlich gestaltet sein sollte, um eine Mensch-Roboter Interaktion zu erleichtern, so waren sich die Forscher nach Bekanntwerden des Uncanny-Valley-Effekts einig, dass Menschenähnlichkeit möglichst vermieden werden sollte, um negative Effekte in der sozialen Mensch-Roboter Interaktion zu vermeiden. Aus dieser Überlegung resultierte die *Passungshypothese* (siehe Kapitel 2.1.6), die die *Vermenschlichung* des Aussehens und Verhaltens von Robotern in den Hintergrund und dafür die Erfüllung der menschlichen Erwartungen in Übereinstimmung in den Vordergrund rückte. Entgegen der weitverbreiteten Meinung, dass das unheimliche Tal negative Auswirkungen auf die Mensch-Roboter Interaktion hat, behaupten HANSON und ISHIGURO allerdings das Gegenteil, nämlich, dass das unheimliche Tal sogar positive Auswirkungen haben kann¹¹¹. Deren Strategie ist, dem unheimlichen Tal „auszuweichen“, in dem sie Roboter so gestalten, dass sie nahezu wie reale Menschen aussehen. HANSON nimmt an, dass Roboter zwar *unheimlich* wirken können, da Menschen mit zunehmendem Vermenschlichungsgrad sensibler reagieren oder optische Reize Einfluss auf die Wahrnehmung haben. Aber er betont, dass es kein *Tal* aufgrund eines bestimmten Anthropomorphismusgrades gibt. Dieser positive Zugang zum Uncanny Valley-Effekt verleitete sodann auch MacDORMAN dazu, den unheimlichen Effekt von Menschenähnlichkeit zu relativieren. Dieser nimmt an, dass der Faktor *Menschenähnlichkeit* von Robotern nur einer von vielen anderen (noch unbekanntem)

¹⁰⁸ Ebd. S. 115

¹⁰⁹ Vgl. MacDorman/Ishiguro (2006), S. 309

¹¹⁰ Vgl. Echterhoff et al. (2006), S. 224

¹¹¹ Vgl. Hanson et al. (2005), S. 25

negativen Einflussfaktoren der Roboterakzeptanz ist¹¹². Neben Menschenähnlichkeit existieren noch andere Faktoren, wie z.B. Bewegung, die man manipulieren könnte, um dem Uncanny Valley zu entgehen.

2.1.8 Was ist die Mensch-Roboter Interaktion?

Die Mensch-Roboter Interaktion (*Human-Robot Interaction, HRI*) ist eine multidisziplinäre Disziplin an der Schnittstelle zwischen Robotik, Technik, Computerforschung, Psychologie, Sprachwissenschaften, Ethologie und anderen Wissenschaftsdisziplinen mit dem Ziel, das soziale Verhalten zwischen Menschen und Robotern zu untersuchen. Der Forschungsschwerpunkt liegt in der Erforschung sozialer Interaktion, Kommunikation und Intelligenz in natürlichen und künstlichen Systemen¹¹³. FONG definiert die Mensch-Roboter Interaktion als:

„the study of the humans, robots, and the ways they influence each other. (...) As a discipline, HRI regards the analysis, design, modeling, implementation, and evaluation of robots for human use.“¹¹⁴

DAUTENHAHN fasste das Ziel der Mensch-Roboter Interaktion folgendermaßen zusammen:

„A primary goal of research in this area has been to investigate ‘natural’ means by which a human can interact and communicate with a robot. Due to the embodied nature of this interaction, where robots and humans need to coordinate their activities in time and space in real-time, often ‘face-to-face’, the quality of these interactions is related to, but different from e.g. humancomputer interaction.“¹¹⁵

Die Mensch-Roboter Interaktion (HRI) ist also stark auf die Mensch-Computer Interaktion (HCI) bezogen, unterscheidet sich aber dadurch, dass Roboter komplexer, dynamischer, autonomer, intelligenter und anpassungsfähiger sind als Computer.

Das Fachgebiet ist relativ jung und im Zuge der Entwicklung der Sozialen Robotik entstanden. Die erste jährlich stattfindene Konferenz IEEE RO-MAN fand 1992 in Japan statt¹¹⁶.

In der Mensch-Roboter-Interaktion lassen sich drei relevante Forschungsrichtungen kategorisieren¹¹⁷:

¹¹² Vgl. MacDorman (2006)

¹¹³ Vgl. Fong et al. (2007), S. 683

¹¹⁴ Vgl. Fong (2001), S. 2

¹¹⁵ Vgl. Dautenhahn (2007),

¹¹⁶ Quelle: <http://ro-man.org/> (Letzter Stand: 15.04.2010)

- *Roboter-zentrierte* HRI, in der das Design eines Roboters im Vordergrund steht und ein Roboter als eine autonome Entität mit eigenem Ziel und eigenen Emotionen wahrgenommen wird. Interaktion dient hier nur als Mittel zur Zielerreichung oder als Überlebensmechanismus in einer komplexen Umwelt (Roboterdesign, Autonomie, Embodiment).
- *Mensch-zentrierte* HRI, in der die Bedürfnisse und Erwartungen der Menschen im Vordergrund stehen, damit die Mensch-Roboter Interaktion angenehm wahrgenommen und ein Roboter von Menschen akzeptiert werden kann. Interaktion dient hier zur Befriedigung menschlicher Interaktionserwartungen (CASA, Anthropomorphismus, Uncanny Valley, Passungshypothese).
- *Roboterkognitions-zentrierte* HRI, in der ein Roboter als ein intelligentes System gesehen wird, das eigenständig denkt, handelt, lernt und Probleme löst. Interaktion dient hier vorwiegend als Anpassungsstrategie an eine sich ständig verändernde Umwelt.

TAKEDA und andere haben den Mensch-Roboter Interaktionsstil in fünf Kategorien eingeteilt¹¹⁸:

- *Primitive Interaktion* als Kommunikation über eine computerbasierte Schnittstelle
- *Intime Interaktion* als Eins-zu-Eins Interaktion durch Gesten
- *Lose Interaktion* als eine räumlich getrennte Interaktion
- *Kooperative Interaktion* als interaktive Kommunikation

Die Mensch-Roboter Interaktion erfolgt *körperlich* durch Anwesenheit eines verkörperten Systems, das in die Umwelt eingebettet ist und *symbolisch* durch eine natürliche Sprache (*verbal*) sowie natürliche Gesten (*nonverbal*). Dies entspricht dem Trend in der Sozialen Robotik, Roboter in der Form (Aussehen) und Funktion (Verhalten) menschenähnlicher zu gestalten, damit diese ebenbürtige Interaktionspartner von Menschen werden (siehe Kapitel 2.1.6).

DAUTENHAHN und OGDEN führten 2000 eine Robotiketikette an, die ein Set an Richtlinien anführt, wie sich ein sozialer Roboter verhalten und mit anderen kommunizieren sollte. Im

¹¹⁷ Fong et al. (2007), 683f.

¹¹⁸ Vgl. Vgl. Takeda (1997) zitiert nach Fong (2001)

Zuge dessen beschrieben führten sie unterschiedliche amerikanische Mensch-Roboter Interaktionsdistanzen, die je nach Interaktionsrahmen und –ziel variieren¹¹⁹:

- *Intime Distanz (unter 0,5 m)*
- *Persönliche Distanz (0,5 bis 1,25 m)*
- *Soziale Distanz (1,25 bis 3,5 m)*
- *Öffentliche Distanz (über 3,5 m)*

THRUN hat eine der ersten theoretischen Rahmen für die HRI geschaffen, in dem er Roboter in drei Klassen einteilte - industrielle Roboter, professionelle Serviceroboter und Personal Service Roboter (Vergleiche Kapitel 2.1.2) – und die unterschiedlichen Interaktionsfähigkeiten in Kontext setzte. YANCO und DRURY stellten eine allgemeine Klassifizierung der Mensch-Roboter Interaktion in 11 Kategorien vor¹²⁰. BARTNECK und andere stellten einen standardisierten wissenschaftlichen Werkzeugsatz zur Verfügung, um Benutzererfahrungen in der HRI an Hand der theoretisch abgeleiteten Merkmale *anthropomorphism*, *animacy*, *likeability*, *perceived intelligence*, und *perceived safety* messen zu können¹²¹. Die Forschergruppe um HEERINK fokussierte sich auf die Weiterentwicklung des UTAUT-Modells (siehe Kapitel 3) für die HRI in der Altenpflege, mit dem Ziel Faktoren zu bestimmen, die Einfluss auf die Bereitschaft von älteren Menschen Roboter zu nutzen, haben¹²². SEVERINSON-EKLUND und andere berücksichtigten kollaborative Mensch-Roboter Interaktionsaspekte und fokussierten sich auf die Persönlichkeit von Robotern, das Kommunikationsparadigma zwischen Mensch und Roboter (siehe Kapitel 2.2.2) und die Mediationsfunktion eines Roboters in einer Menschengruppe¹²³. SCHEEFF und andere untersuchten in zwei Studien, ob sich eine Interaktion mit einem maschinenähnlichen sozialen Roboter in einer Labor- und Feldstudie unterscheiden und fanden heraus, dass Kinder in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht mit in einer Interaktion engagierter sind als Erwachsene. DAUTENHAHN und WERRY beschrieben eine quantitative und qualitative Methode zur Evaluierung von Mensch-Roboter Interaktionen. SCHOLTZ

Die oben aufgezählten Forschungsbemühungen haben deutlich aufgezeigt, dass im Zentrum der Mensch-Roboter Interaktion (*HRI*) und Sozialen Robotik (*SR*) der Begriff *Interaktion* steht.

¹¹⁹ Vgl. Dautenhahn/Ogden (2000), S. 357

¹²⁰ Vgl. Yanko/Drury (2004)

¹²¹ Vgl. Bartneck et al. (2009), S.71-81

¹²² Vgl. Heerink et al. (2006); Heerink (2006a); Heerink (2008)

¹²³ Vgl. Severinson-Eklund et al. (2003), S. 223– 234

Da *Interaktion* unweigerlich mit *Kommunikation* verbunden ist¹²⁴ und in der Robotikforschungsgemeinde auch immer in Kombination mit Kommunikation verwendet wird, soll nun im folgenden Kapitel erklärt werden, was *Kommunikation* aus kommunikationswissenschaftlicher Sicht ist.

¹²⁴ Vgl. Burkart (2002)

2.2 Kommunikationswissenschaft

Im Zuge der theoretischen Abhandlung zentraler Begriffe aus der sozialen Robotik im Kapitel 2.1, ist ein zentraler Begriff aufgetaucht, nämlich Kommunikation, der in der sozialen Robotik als Forschungsbasis in der Erforschung von sozialen Mensch-Roboter Interaktionen dient. Das Design von sozialen Robotern, die mit Menschen natürlich interagieren und kommunizieren sollen, erfordert abseits der technischen, tiefergehende sozialwissenschaftliche Kenntnisse, was vor allem das Phänomen Kommunikation betrifft. Die junge interdisziplinär orientierte Fachdisziplin Publizistik- und Kommunikationswissenschaft hat sich unter anderem mit dem Standardwerk von BURKART dafür qualifiziert als theoretischer Bezugsrahmen zu dienen und den Begriff *Kommunikation* aus einer grundlegenden und ergänzenden Perspektive heraus zu definieren. Daher erscheint es naheliegend, Kommunikation und Kommunikationsprozesse aus der kommunikations-wissenschaftlichen Perspektive zu durchleuchten und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse der sozialen Robotik zugänglich zu machen. Die vorliegende Arbeit soll einer der ersten kommunikationswissenschaftlichen Schritte in Richtung interdisziplinärer Beteiligung an der sozialen Robotik sein. Im folgenden Kapitel soll deshalb der Kommunikationsbegriff definiert und der Kommunikationsprozess aus der kommunikationswissenschaftlichen Perspektive durchleuchtet werden.

2.2.1 Was ist Kommunikation?

Das vorliegende Kapitel bezieht sich unter anderem auf die Ausführungen von BURKART, der in seinem Standardwerk den Begriff *Kommunikation* definiert und den *Kommunikationsprozess* aus der Perspektive der Kommunikationswissenschaft reflektiert hat¹²⁵. Ziel der Darstellung dieser Ausführungen ist, den Begriff *Kommunikation* zu definieren, um die theoretischen Rahmenbedingungen für die Implementierung eines *kommunikativen* Roboters als *künstlichen* Gesprächspartner für Menschen aus kommunikationswissenschaftlicher Sicht zu identifizieren.

Was also ist Kommunikation?

Kommunikation kann folgendermaßen definiert werden:

- „Bedeutungsvermittlung zwischen Lebewesen“¹²⁶ (Maletzke 1963)
- „Aktualisierung von Sinn“¹²⁷ (Luhmann 1971)

¹²⁵ Burkart (2002), S. 20-73

¹²⁶ Maletzke (1963), S. 18 zitiert nach Burkart (2002), S. 20

¹²⁷ Luhmann (1971), S. 32 zitiert nach Burkart (2002), S. 428

- „symbolisch vermittelter Prozess“ (Burkart 2002)

Desweiteren muss zwischen folgenden grundlegenden Definitions-Frühversuchen unterschieden werden, die den Grundstein für die aktuelle Definition des Kommunikationsbegriffs lieferten:

- „soziales Verhalten“ (im Hinblick aufeinander gerichtete Verhaltensweisen)
- „soziales Handeln“ (allgemein und speziell intentionierte Verhaltensweisen)
- „soziale Interaktion“ (wechselseitig vollzogener Bedeutungsvermittlungsprozess)
- „vermittelter Prozess“ (wechselseitig medial vollzogene Bedeutungsvermittlung)

BURKART definiert Kommunikation forschungsaktuell als „symbolisch vermittelte Interaktion“, also meint damit Verhaltensweisen, die im Hinblick aufeinander mit einer *allgemeinen* und *speziellen* Intention (Verständigung und Interessensrealisierung) *wechselseitig* aufeinander gerichtet und durch Vermittlung von *Symbolen* als Zeichen mit Repräsentationsfunktion über ein *Medium* mit wechselseitiger Bedeutung vollzogen werden.

Jeder Kommunikationsprozess ist durch folgende vier grundlegende *Faktoren* gekennzeichnet:

- Kommunikator (Sender, der eine Botschaft mitteilen möchte)
- Aussage/ Botschaft
- Medium als Vermittlungsinstanz
- Rezipient (Empfänger, der die Botschaft verstehen möchte)

Nachdem nun dargestellt wurde, *was* Kommunikation ist, soll nun erläutert werden, *wie* Kommunikation modellartig verläuft.

Ein sprachlicher Kommunikationsprozess verläuft nach WATZLAWICK und HABERMAS auf zwei *Ebenen*¹²⁸. Einerseits auf einer *symbolischen Ebene* (gegenständlich bzw. Inhalt) und andererseits auf einer *Handlungsebene* (intersubjektiv bzw. Beziehungsebene).

Die Minimalvoraussetzungen für einen sprachlichen Kommunikationsprozess, in dem Verständigung als konstantes Ziel gilt, ist ein Mindestmaß an *Deckungsgleichheit in den wechselseitig vorhandenen Zeichenvorräten*.

¹²⁸ Vgl. Burkart (2002), S. 85

Verständigung „kommt nur dann zustande, wenn beide Kommunikationspartner im Moment der Kommunikation sowohl die sprachlichen Zeichenkombinationen als auch die gesetzten sprachlichen Handlungen (wenigstens annäherungsweise) identisch interpretieren¹²⁹. Laut BURKART ist eine wechselseitige Verständigung in sprachlichen Kommunikationsprozessen aber „oftmals nur schwer, bisweilen sogar unmöglich“¹³⁰ und resultiert deshalb oft im Missverstehen. Diese Missverständnisse können auch trotz einem identischen sprachlichen Symbolvorrat entstehen, nämlich dann, wenn den jeweiligen sprachlich vermittelten Symbolen unterschiedliche *Bedeutungen* zugeordnet werden.

BADURA führt im Zuge seiner sozialwissenschaftlichen Übersetzung des technischen Nachrichtenmodells von Shannon und Weaver folgende vier Klassen *gesellschaftlicher Randbedingungen* von Kommunikation vor, die als Einflussgrößen des kommunikativen En- und Decodierungsprozess gelten¹³¹:

- Kommunikationssituation
- Informationsniveau
- Emotiver Erlebnishorizont
- Interessen

Kommunikationsfähigkeit wird im pädagogischen Kontext nach BAAKE als die Fähigkeit eines Menschen verstanden, in beliebigen Situationen „*potentiell situations- und medienadäquate Kommunikationen auszugeben und zu empfangen*“¹³².

Nachdem nun dargestellt wurde, *was* Kommunikation ist, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit Kommunikation stattfindet und wie ein Kommunikationsprozess nach theoretischen Gesichtspunkten verläuft, soll nun geklärt werden, *wozu* Kommunikation überhaupt dient, was also die Ziele von Kommunikation sind.

Kommunikatives Handeln wurde in den obigen Ausführungen als wechselseitiger *intentionaler* Akt beschrieben. Das konstante Kommunikationsziel ist somit, allgemein etwas mitteilen, sich also verständigen wollen. Und das variable Kommunikationsziel ist, ein spezielles Interesse realisieren wollen. Aus dieser Basisdefinition lassen sich drei theoretische Ziele ableiten: *Beeinflussung* von menschlichem Denken und Handeln, *Emanzipation* und *Therapie*¹³³. Die

¹²⁹ Ebd. S. 85

¹³⁰ Ebd. S. 86

¹³¹ Vgl. Badura (1995), S. 19 zitiert nach Burkart (2002), S. 430f.

¹³² Vgl. Baacke (1973), S. 100

¹³³ Vgl. Burkart (2002), S. 465-489

Forschergruppe um HOVLAND¹³⁴ hat im Rahmen der Erarbeitung eines Grundmodells für die Wirkungsforschung Faktoren genannt, die die Effektivität der Beeinflussung durch Kommunikation beeinflussen: kommunikative Stimuli (Kommunikator, Aussage, Medium und situative Bedingungen), Prädispositionen der Rezipienten (kommunikationsgebundene Faktoren wie Einstellung und kommunikationsfreie Faktoren wie Intellekt) und interne Mediatisierungsprozesse (Aufmerksamkeit, Verstehen, Akzeptanz).

In der pädagogisch beeinflussten Perspektive wird Kommunikation als gleichberechtigter Kommunikationsprozess ohne Hierarchie mit dem Ziel die Kommunikationspartner zu *emanzipieren*. Emanzipation wird hier als „*Selbstverfügung des Individuums*“ bzw. als die Fähigkeit „*rational und selbständig Informationen aufzunehmen, begründete Meinungen zu vertreten und wenn möglich durchzusetzen*“ verstanden¹³⁵, in der das Vorhandensein eines Selbst- und Fremdverständnisses sowie die *Kommunikationsfähigkeit* Voraussetzung sind.

Das dritte Kommunikationsziel, nämlich *Therapie*, wird in Anlehnung an WATZLAWICK als Mittel zur Behandlung von Verhaltensstörungen verstanden¹³⁶. Die Verhaltensstörungen sind auf die Verletzung einer oder mehrerer *Grundregeln menschlicher Kommunikation* zurückzuführen, die in fünf *Axiomen* festgelegt sind:

- Jedes Verhalten ist Kommunikation
- Jede Kommunikation hat einen *Inhalts-* und *Beziehungsaspekt*
- Kommunikationsabläufe sind durch *Interpunktion* (Verhaltenssequenzen) strukturiert
- Kommunikation kann *analog* (nonverbal, Beziehung, Semantik) und *digital* (verbal, Inhalt, Syntax) erfolgen
- Kommunikation ist *symmetrisch* (Streben nach Gleichheit) oder *komplementär* (sich ergänzende Unterschiedlichkeiten)

Im nächsten Kapitel soll aufbauend auf den oben präsentierten Begriffsdefinitionen und modelltheoretischen Konzepten ein linguistischer Forschungsansatz vorgestellt werden, der in der Mensch-Roboter-Kommunikation Eingang gefunden hat.

¹³⁴ Vgl. Hovland/Janis/Kelley (1953), S. 12 zitiert nach Burkart (2002), S. 467

¹³⁵ Vgl. Baacke (1973), S. 236 zitiert nach Burkart (2002), S. 473

¹³⁶ Vgl. Watzlawick et al. (1969), S. 53-70 zitiert nach Burkart (2002), S. 480-489

2.2.2 Was ist ein Dialog?

Ein Dialog ist nach FONG¹³⁷ ein Kommunikationsprozess zwischen zwei oder mehr miteinander verbundenen Interaktionspartnern. Als Voraussetzung werden die Teilung und Kontrolle von Informationen (*Daten, Symbole, Kontext*) zwischen den Interaktionspartnern genannt. Abhängig vom Interaktionskontext können Form und Gestaltung des Dialogs variieren. Ein Dialog zwischen einem Menschen und einem Roboter ist durch eine Schnittstelle (*interface*) vermittelt, die durch folgende Eigenschaften charakterisiert ist: Befehlssprache, Eingabemaske, natürliche Sprache (Text oder Sprache), Frage-Antwort-Form, Bildschirmmenü und direkte Manipulierung durch grafische Benutzerschnittstellen.

Nach LANSDALE und ORMEROD wird eine Dialogstruktur und ein Dialogfluss durch folgende fünf Faktoren beeinflusst¹³⁸:

- *Sprachkompetenz*: Fähigkeit verständliche Sätze zu formulieren und die Sprache des anderen zu verstehen (Sprache, Grammatik, etc.)
- *Konversationskompetenz*: pragmatische Fähigkeit ein erfolgreiches Gespräch zu führen (Intention, Feedback, etc.)
- *Nonverbale Kompetenz*: Fähigkeit Aussagen mit kohärenten Gesten zu unterstützen
- *Medium* als technischer Auslöser von kommunikativen Verhaltensänderungen von Nutzern (Verlangsamung, Bestätigung, etc.)
- *Tätigkeit* als fachsprachlicher Auslöser von Missverständnissen (spezifische Fachsprache)
- *Expertise* als die kognitive Fähigkeit Informationen aufzunehmen und in speziellen Kontexten zu verarbeiten sowie und auf Grund des Experte-Laie-Gefälles die Initiale in der Gesprächskontrolle zu übernehmen (z.B. Frage-Antwortschema Doktor vs. Patient)

Nach BAUER¹³⁹ muss aus sprachwissenschaftlicher Sicht ein Mensch-Roboter-Dialog nach folgenden vier Phasen strukturiert sein: *Einleitung, Anweisung, Bestätigung* und *Conclusio*. In der Einleitung wird ein Befragter vom Roboter adressiert, das Ziel definiert und eine Aufgabe konkretisiert. In der Anweisung präsentiert der Befragte die benötigte Information in einer natürlichen verbalen und nonverbalen Sprache. In der Bestätigung geben beide Interaktionspartner ihre Genehmigung, mit oder ohne Korrektur. Und in der Conclusio bedankt

¹³⁷ Fong et al. (2003), S. 257

¹³⁸ Vgl. Lansdale/Ormerod (1994)

¹³⁹ Bauer (2009), S. 26

sich der Fragende und die Interaktionspartner gehen auseinander. Die folgende Abbildung soll die Dialogstruktur veranschaulichen:

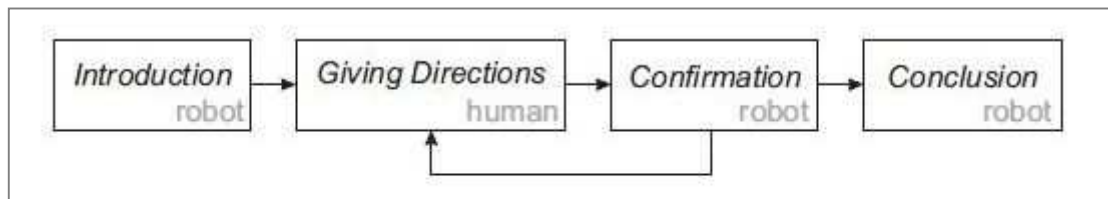


Abbildung 5: Mensch-Roboter-Dialogstruktur nach Bauer (2009)¹⁴⁰

¹⁴⁰ Quelle: Bauer et al. (2009), S. 26

2.2.3 Was ist ein Medium?

Das vorliegende Kapitel bezieht sich unter anderem auf die Ausführungen von SAXER¹⁴¹, der sich in seinem theoretischen Werk konkret mit dem Begriff *Medium* aus einer kommunikationswissenschaftlichen Sicht auseinander gesetzt hat. Ziel ist, mit Hilfe dieser Definition soziale Roboter als (neues) Kommunikationsmedium in Abgrenzung zu bestehenden Medien zu lokalisieren und in eine entsprechende Medienkategorie einzuordnen (Kapitel 2.3).

Laut Mediengesetz in der Fassung vom 17.04.2010 ist ein Medium folgendermaßen definiert, nämlich als:

„jedes Mittel zur Verbreitung von Mitteilungen oder Darbietungen mit gedanklichem Inhalt in Wort, Schrift, Ton oder Bild an einen größeren Personenkreis im Wege der Massenherstellung oder der Massenverbreitung“¹⁴²

Ein Medium ist allgemein einerseits eine *Vermittlungsinstanz* und andererseits ein *technisches Hilfsmittel* zur Übertragung einer Botschaft. Die Kommunikationswissenschaft unterscheidet wegen der identifizierten „*Doppelnatur des Systems Medium*“¹⁴³ zwischen einem technischen *Kommunikationskanal* und einem vergesellschafteten *Medium*. Technische Kommunikationskanäle können nur dann als publizistische Medien bezeichnet werden, „*wenn sie über die Funktion eines technischen Vermittlungssystems hinaus in einen spezifischen institutionalisierten Handlungskontext eingebunden sind*“¹⁴⁴.

Medien können somit laut Saxer als „*komplexe institutionalisierte Systeme um organisierte Kommunikationskanäle von spezifischem Leistungsvermögen*“¹⁴⁵ definiert werden, die konkret durch folgende Eigenschaften charakterisiert sind¹⁴⁶:

- Technischer „*Kommunikationskanal*“, der bestimmte Zeichen transportiert
- Arbeitsteilige „*Organisation*“, die ein bestimmtes Programm herstellt, das bedeutungsvolle Leistungen und Funktionen für die Gesellschaft erbringt
- „*Komplexe soziale Systeme*“, die durch Herstellungs-, Bereitstellungs- und Empfangsprozessen die Auswahl und Thematisierung von Inhalten beeinflussen

¹⁴¹ Saxer (1998)

¹⁴² Quelle:

<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10000719&ShowPrintPreview=True> (Letzter Stand: 17.04.2010)

¹⁴³ Vgl. Saxer (1998), 209 zitiert nach Burkart (2002), S. 42

¹⁴⁴ Vgl. Neverla (1998), S. 29f. zitiert nach Burkart (2002), S. 41

¹⁴⁵ Vgl. Saxer (1998), S. 54 zitiert nach Burkart (2002), S. 44

¹⁴⁶ Vgl. Burkart (2002), S. 43f.

- „*Institutionen*“, also die Einfügung von Medien in das jeweilige gesellschaftliche Regelsystem

Die wissenschaftliche Einteilung eines Mediums erfolgt gebräuchlicher Weise in folgende vier Kategorien¹⁴⁷:

- *Primär*: verbale und nonverbale Sprache
- *Sekundär*: Medien, die auf der Senderseite ein Gerät erfordern
- *Tertiär*: Medien, die auf der Sender- und Empfängerseite ein Gerät erfordern
- *Quartär*: Neue Medien, die die Existenz eines Computers mit einer Onlineverbindung erfordern („Digitale Medien“, „Online-Medien“)

Eine weitere wissenschaftliche Einteilung kann auch in „*Medien erster Ordnung*“ und „*Medien zweiter Ordnung*“ erfolgen¹⁴⁸. Medien erster Ordnung sind Infrastrukturtechniken mit einer „Möglichkeitsbedingung für die Entwicklung von Medien zweiter Ordnung, im Sinne sozialer Institutionen“ und Medien zweiter Ordnung entstehen nur, wenn Vermittlungstechniken zur Selektion, Strukturierung und Präsentation von Aussagen im Hinblick auf ein Publikum eingesetzt werden¹⁴⁹.

¹⁴⁷ Vgl. Pross

¹⁴⁸ Vgl. Kubicek et al. (1997), S. 32ff. zitiert nach Burkart (2002), S. 45

¹⁴⁹ Ebd. S. 45

2.3 Roboter als Kommunikationsmedium

Das vorliegende Kapitel bezieht sich auf die Ausführungen von KANDA und anderen¹⁵⁰, die in ihren aktuellen Forschungsarbeiten rund um den *Kommunikationsroboter Robovie* Roboter als *Medien* betrachten und im Zuge dessen vier zentrale *Robotermedienkategorien* aufgestellt haben. Allerdings haben sie es verabsäumt, das Medium „Roboter“ mit anderen Medien zu vergleichen und abzugrenzen. Ziel ist, mit Hilfe der nachfolgenden Vorstellung des Konzepts „*Roboter als Kommunikationsmedium*“ unter Berücksichtigung des Kapitels 2.2.2 diese Forschungslücke im Kapitel 2.3 zu schließen.

Im Zuge der Gestaltung von humanoiden Robotern als Interaktionspartner für Menschen an öffentlichen Plätzen, betrachtet KANDA Roboter als *Medien* (siehe Kapitel 2.2.4) ohne Abgrenzung zu anderen Medien, und teilt sie je nach Sozialitäts- und Interaktivitätsgrad in vier Kategorien ein¹⁵¹:

- „*passive medium*“: Roboter bietet Menschen einseitig Informationen an (vergleichbar mit Fernsehnews).
- „*passive-social medium*“: Roboter bietet Menschen durch Konversation mit einem anderen Roboter Informationen an.
- „*interactive medium*“: Roboter bietet Menschen durch natürliche Interaktion mit ihnen Informationen an, die die Wünsche der Benutzer befriedigt (bis dato auf Grund von auditiven Problemen nicht möglich).
- „*interactive-social medium*“: Roboter führt mit anderen Robotern und Menschen eine Konversation (bis dato ebenfalls auf Grund von auditiven Problemen nicht möglich).

Die folgende Abbildung soll das Modell veranschaulichen:

¹⁵⁰ Vgl. Kanda et al. (2006); Kanda et al. (2007); Kanda et al. (2009)

¹⁵¹ Vgl. Kanda et al. (2006), S.138; Kanda et al. (2009), S. 158

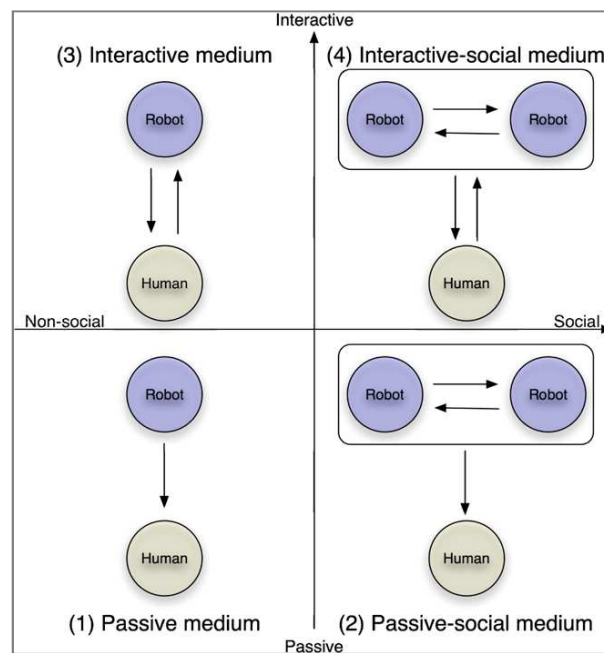


Abbildung 6: Roboter als Medien nach Kanda (2009)

Roboter als *passive* Medien (*ein* Roboter) zeichnen sich durch die fehlende *Interaktivität* aus und werden vorwiegend als einseitige Informationsanbieter eingesetzt. Eine solche Funktion ist vergleichbar mit einem Fernsehnachrichtensprecher, der Menschen *passiv* ohne entsprechende Interaktivitätsmöglichkeiten mit Informationen versorgt¹⁵². Weder können sie Menschen adressieren und erkennen, noch mit ihnen sprechen oder gestellte Fragen beantworten.

Roboter als *passiv-soziale* Medien (*zwei* Roboter, ein Mensch) unterscheiden sich von rein *passiven* Robotern durch ihre *Sozialität* (siehe Kapitel 2.1.3), die hier durch eine Roboter-Roboter-Konversation gewährleistet wird, auch wenn sie, wie passive Roboter, Menschen nicht direkt adressieren und auch keine Fragen beantworten können. Die Roboter-Roboter-Konversation dient hier somit nur, um das Informationsinteresse von Menschen zu wecken. Solche Roboter sind am besten geeignet für den Werbebereich.

Roboter als *interaktive* Medien (*ein* Roboter, ein Mensch) sind gemäß dem aktuellen technologischen Forschungsstand nur limitiert interaktiv, da sie kognitive und emotionale Intelligenz nur simulieren, jedoch nicht tatsächlich besitzen (siehe Kapitel 2.1.1)¹⁵³. Sie können Menschen erkennen, gezielt ansprechen und mit ihnen ein (sprachlich beschränktes) Gespräch führen. Diese Tatsache führt dazu, dass sich Menschen zwar am besten von interaktiven

¹⁵² Vgl. Kanda (2007), S.137

¹⁵³ Vgl. Duffy (2003)

Robotern angesprochen fühlen. Aber sobald sie die Simulation bemerken, verlieren sie am stärksten das Interesse an der angebotenen Information (siehe Kapitel 2.1.7). *Interaktivität* eines Roboters ist durch die Fähigkeit gekennzeichnet, Anfragen von Benutzern entgegenzunehmen und darauf aufbauend Informationen anbieten zu können. Solche Roboter sind am besten für eine direkte Konversation in

Roboter als *sozial-interaktive* Medien (zwei Roboter, ein Mensch) sind ebenfalls wie *interaktive* Roboter nur beschränkt interaktiv. Sie können Menschen erkennen, direkt ansprechen und eine Konversation unter Einbezug anderer Roboter mit Menschen führen.

KANDA untersuchte die vier oben dargestellten unterschiedlichen Konditionen anhand des humanoiden Roboters *Robovie* mit Menschen auf einem Bahnhof und kam zu folgenden Ergebnissen¹⁵⁴:

- Menschen fühlen sich durch *interaktive* Roboter am stärksten angesprochen.
- Die limitierte *Interaktivität* von Robotern bewirkt allerdings auch, dass Menschen das Interesse an Informationen verlieren.
- Menschen sind am ehesten gewillt, stehen zu bleiben und mit dem Roboter in Interaktion zu treten, wenn *zwei* Roboter miteinander ein Gespräch führen (passiv-soziale und interaktiv-soziale Kondition).
- Das Interesse von Menschen kann am besten durch passiv-soziale Roboter geweckt werden.

KANDA macht den Erfolg einer natürlichen Mensch-Roboter Kommunikation vom Design des Roboterkörpers abhängig. Er sieht humanoide Roboter als eine geeignete Roboterart, um mit Menschen zu kommunizieren, da Menschen unbewusst menschenähnliche Roboter als gleichrangige Gesprächspartner behandeln und intuitiv die Gesten der Roboter wegen ihrer Menschenähnlichkeit verstehen können (Vgl. *Anthropomorphismus* Kapitel 2.1.6). Humanoide Roboter lassen Menschen allerdings oft irrtümlich glauben, dass sie fähig sind, eine anspruchsvolle Konversation mit Menschen zu führen, obwohl sie dafür noch nicht qualifiziert genug sind¹⁵⁵ (Vgl. *Uncanny Valley* Kapitel 2.1.7).

Dieser Forschungsansatz ist deshalb nach Ansicht der Autorin von aktueller Relevanz, da er den ersten Versuch bildet, *kommunikative* Roboter als Medien mit Informationspotential zu

¹⁵⁴ Ebd., S. 142

¹⁵⁵ Vgl. ebd., S. 137

betrachten und die Effizienz von *kommunikativen* Robotern nach medien- und informationstheoretischen Gesichtspunkten zu prüfen. Es erscheint in diesem Zusammenhang unerlässlich für zukünftige Arbeiten, das Informationspotential von Robotern als Kommunikationsmedien empirisch zu untersuchen.

Das Kapitel 5 knüpft an diese zentralen, theoretisch abgeleiteten Schlussfolgerungen an, indem empirisch geprüft werden soll, ob der Konsum von kommunikativen Robotern gesellschaftlich überhaupt erwünscht ist; ob kommunikative Roboter also als „Gesprächspartner“ von Menschen *akzeptiert* werden. Im folgenden Kapitel soll deshalb dargestellt werden, wie sich *Gesprächsakzeptanz* basierend auf den vorgestellten Begriffsdefinitionen und aktuellen Forschungsansätzen im geplanten Untersuchungskontext empirisch messen lassen können.

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Im folgenden Kapitel sollen unter Berücksichtigung des zentralen Forschungsziels theoretisch fundierte Hypothesen formuliert und für die empirische Untersuchung anhand von geeigneten Items und Skalen messbar gemacht werden. Im Kapitel 3.7 soll das resultierende Hypothesenmodell zur Übersicht dargestellt werden.

Die forschungsleitende Forschungsfrage lautet:

Zentrale Fragestellung (Gesprächsakzeptanz):

Werden *kommunikationsfähige* Roboter von Menschen als Gesprächspartner *akzeptiert*?

Zentrale Hypothese (Gesprächsakzeptanz):

Je *kommunikationsfähiger* ein Roboter ist, desto eher wird er als Gesprächspartner *akzeptiert*.

Operationalisierung (Gesprächsakzeptanz, i.A. VENKATESH 2003: „Intention To Use“):

Abhängige Variable: „*Kommunikationsabsicht*“ mit dem Item „*Kommunikationswunsch*“

Unabhängige Variablen: *Bedingungen, Performance, Aufwand und sozialer Einfluss*

Intervenierende Variable: *Kommunikationsfähigkeit*

Messinstrument:

Intervallskala von „1=trifft überhaupt nicht zu“ bis „7=trifft voll zu“

Die *Gesprächsakzeptanz* von Robotern wurde bis dato noch nicht empirisch gemessen, deshalb müssen entsprechende Indikatoren theoretisch abgeleitet werden. Um die vorliegende Forschungsfrage möglichst valide beantworten zu können, wurde ein bewährtes Modell, nämlich das *UTAUT-Technologieakzeptanzmodell* von VENKATESH¹⁵⁶ (*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*) herangezogen und durch eine entsprechende Änderung der Items an die Fragestellung angepasst. Das UTAUT-Modell wurde ursprünglich dazu entworfen, um anhand von festgelegten Indikatoren die *soziale Akzeptanz* von Informationstechnologien im Berufsleben zu messen. Zu den Indikatoren zählen: *Performance Expectancy, Effort Expectancy, Social Influence, Facilitating conditions, Behavioral intention to use the system* und *Use Behaviour*. Nach diesem Modell wird das theoretische Konstrukt „Akzeptanz“ anhand dem Nutzungsverhalten (*Use Behaviour*) gemessen, das von der *Nutzungsabsicht (Behavioral Intention)* beeinflusst wird, die wiederum von den Faktoren

¹⁵⁶ Vgl. Venkatesh (2003)

Performanceerwartung, Aufwandserwartung, sozialer Einfluss und erleichternde Bedingungen abhängt. Die folgende Abbildung soll das UTAUT-Modell veranschaulichen:

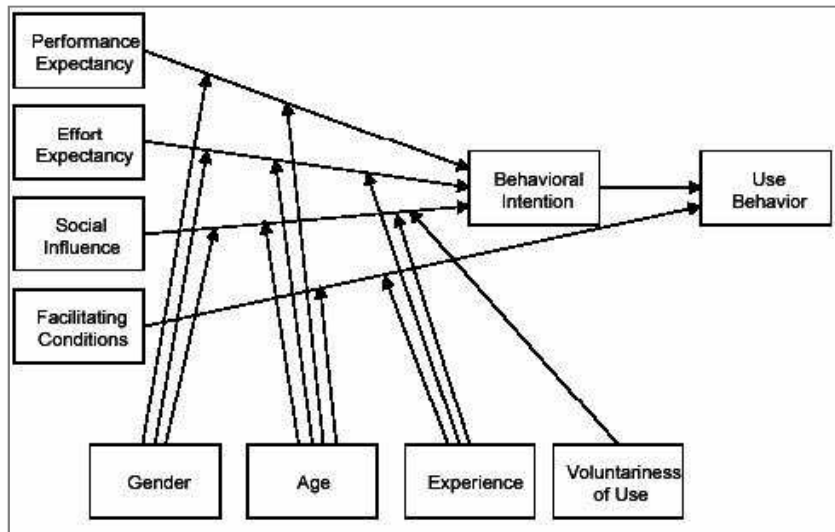


Abbildung 7: UTAUT-Modell nach Venkatesh (2003)¹⁵⁷

Nach Einschätzung der Autorin eignet sich dieses Modell gut für eine kommunikationswissenschaftliche Transformation, um das theoretische Konstrukt „Gesprächsakzeptanz“ (kommunikative Akzeptanz von Robotern) messbar zu machen. Die oben aufgezählten Indikatoren wurden deshalb folgendermaßen übertragen:

- „Performance Expectancy“ in „Kommunikationsperformance“ (Kapitel 3.3)
- „Effort Expectancy“ in „Kommunikationsaufwand“ (Kapitel 3.4)
- „Social Influence“ in „Sozialer Kommunikationseinfluss“ (Kapitel 3.5)
- „Facilitating Conditions“ in „Kommunikationsbedingungen“ (Kapitel 3.2)
- „Behavioural intention“ in „Kommunikationsabsicht“ (Kapitel 3.7) und
- „Use Behaviour“ in „Kommunikationsakzeptanz“ (Kapitel 3)

Ein Roboter wird nach diesem UTAUT-angepassten Modell dann als Gesprächspartner akzeptiert, und wenn die *Kommunikationsabsicht* mit einem in der Studie vorgestellten Roboter *hoch ist*. Ob Roboter von den Probanden aktuell als Gesprächspartner „benutzt“ werden, soll anhand der folgenden Nominalskala mit den Ausprägungen „1=nein“ und „2=ja“ gemessen werden: wenn die Befragten einen oder mehrere Roboter *aktuell als Gesprächspartner nutzen* („Use Behaviour“ = „Kommunikationsverhalten mit Robotern“)

¹⁵⁷ Vgl. ebd. S. 407

Tabelle 1: Operationalisierung von Kommunikationsverhalten mit Robotern auf einer Nominalskala

Haben Sie schon einmal mit einem Roboter kommuniziert? Wenn ja, mit welchem/n?	1=nein	2=ja+Text
--	--------	-----------

Die Kommunikationsabsicht der Versuchspersonen soll wiederum anhand der folgenden Intervallskala mit den Ausprägungen von „1=trifft überhaupt nicht zu“ bis „7=trifft voll und ganz zu“ gemessen werden.

Tabelle 2: Operationalisierung von Kommunikationsabsicht auf einer Intervallskala

Ich plane mir einen kommunikativen Roboter zu kaufen.	1=trifft überhaupt nicht zu	7=trifft voll zu
Ich würde einen Roboter auf meine Wunschliste setzen.		
Ich würde mich gerne einmal mit einem Roboter unterhalten.		

In diesem Zusammenhang muss auch die *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern entsprechend operationalisiert werden, um die in der zentralen Fragestellung aufgestellte Beziehung zwischen *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und der *Gesprächsakzeptanz* messen zu können. *Kommunikationsfähigkeit* wurde in Anlehnung an den im Kapitel 2.2.1 vorgestellten Begriff der „Kommunikativen Kompetenz“ von HABERMAS¹⁵⁸ als die Fähigkeit eines Roboters, einen grammatikalisch richtigen Satz in Realitätsbezüge einbetten zu können, definiert. Um den Einfluss der *Kommunikationsfähigkeit* auf die *Gesprächsakzeptanz* zu testen, muss deshalb ein *kommunikationsfähiger* Roboter einem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter gegenüber gestellt werden. BURKART bezeichnete Kommunikation unter anderem auch als ein „*humanspezifisches*“¹⁵⁹ Phänomen, weil Menschen im Vergleich zu anderen Lebewesen und Nicht-Lebewesen fähig sind, Kommunikation nicht bloß als *Signal*, das ein Verhalten auslöst, sondern als *Symbol*, das Bedeutungen vermittelt, zu *verstehen*¹⁶⁰. Deshalb soll für die Untersuchung ein Roboter eingesetzt werden, dessen Kommunikationsfähigkeit durch sein Aussehen gestützt wird. In Anlehnung an eine aktuelle Roboterkategorisierung von RIEK¹⁶¹ (siehe Kapitel 2.1.2) sind *Androide* dem Menschen optisch am ähnlichsten und auf den ersten Blick kaum von Menschen zu unterscheiden. Deshalb soll in der Experimentalgruppe ein Androide eingesetzt werden, der entsprechend der Fragestellung fähig ist, grammatikalisch richtige Sätze in Realitätsbezug zu seinem Dialogpartner zu setzen. In der Kontrollgruppe hingegen soll ein Tierroboter gewählt werden, da er von Menschen optisch klar und deutlich zu unterscheiden ist und das Unvermögen zu kommunizieren empirisch stützt.

¹⁵⁸ Vgl. Habermas (1971), S. 101

¹⁵⁹ Vgl. Burkart (2002), S. 20

¹⁶⁰ Ebd. S. 51

¹⁶¹ Vgl. Riek (2009), S. 246

Die folgende Tabelle soll veranschaulichen, wie *Kommunikationsfähigkeit* in der vorliegenden Untersuchung messbar gemacht wurde.

Tabelle 3: Operationalisierung von Kommunikationsfähigkeit

kommunikationsfähig	Fähigkeit, grammatikalisch richtige Sätze in Realitätsbezug zum Kommunikationspartner setzen können	Android
nicht kommunikationsfähig	Keine Fähigkeit, sich sprachlich auszudrücken	Tierroboter

In der zentralen Hypothese wurde in Anlehnung an die theoretische Abhandlung des Kommunikationsbegriffs im Kapitel 2.2.1 die Annahme aufgestellt, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und der *Gesprächsakzeptanz* gibt. Um diesen Zusammenhang empirisch nachweisen zu können, müssen folgende Kriterien empirisch erfüllt sein:

- die *Kommunikationsbedingungen* müssen mit einem *kommunikationsfähigen* Roboter besser sein als mit einem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter
- die *Kommunikationsperformance* eines *kommunikationsfähigen* Roboters muss besser sein als mit einem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter
- der *Kommunikationsaufwand* mit einem *kommunikationsfähigen* Roboter muss niedriger sein als mit einem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter
- der *soziale Einfluss* muss auf eine Kommunikation mit einem *kommunikationsfähigen* Roboter größer sein als mit einem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter und
- die *Kommunikationsabsicht* muss mit einem *kommunikationsfähigen* Roboter größer sein als mit einem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter.

Basierend auf diesen Überlegungen können folgende Forschungsfragen abgeleitet werden, die für die Beantwortung der zentralen Fragestellung nötig sind und die in den nachfolgenden Kapiteln vorgestellt werden sollen:

Forschungsfrage₁ (*Kommunikationsbereitschaft*):

Wirkt sich die *Menschenähnlichkeit* eines Roboters auf die *Kommunikationsbereitschaft* von Menschen aus?

Forschungsfrage₂ (*Kommunikationsbedingungen*)

Wirkt sich die *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters auf die *Kommunikationsbedingungen* aus?

Forschungsfrage₃ (Kommunikationsperformance)

Wirkt sich die *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters auf die *Kommunikationsperformance* aus?

Forschungsfrage₄ (Kommunikationsaufwand)

Wirkt sich die *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters auf den *Kommunikationsaufwand* aus?

Forschungsfrage₅ (Sozialer Kommunikationseinfluss)

Wirkt sich die *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters auf den *sozialen Kommunikationseinfluss* aus?

Forschungsfrage₆ (Kommunikationsabsicht):

Wirkt sich *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters auf die *Kommunikationsabsicht* aus?

3.1 Kommunikationsbereitschaft

Forschungsfrage₁ (Kommunikationsbereitschaft):

Wirkt sich die *Menschenähnlichkeit* eines Roboters auf die *Kommunikationsbereitschaft* von Menschen aus?

Hypothese₁ (Kommunikationsbereitschaft):

Je *menschenähnlicher* ein Roboter ist, desto höher ist die *Kommunikationsbereitschaft*.

Operationalisierung (Kommunikationsbereitschaft, i.A. BURKART 2002: Allgemeine Intention):

Menschenähnlichkeit = optische Übereinstimmung eines Roboters mit Menschen (Androide)

Kommunikationsbereitschaft = Botschaft des Roboters aufnehmen und teilen wollen

Messinstrument:







Nominalskala mit den Ausprägungen „1=menschenähnlicher Roboter“ und „2=maschinenähnlicher Roboter“





Menschenähnlichkeit wird anhand des optischen Übereinstimmungsgrads eines Roboters mit einem Menschen gemessen (siehe Kapitel 2.1.6). Ein Roboter ist also dann *menschenähnlich*, wenn er optisch auf den ersten Blick nicht von einem Menschen zu unterscheiden ist.

Kommunikationsbereitschaft wird anhand der *Verständigungsbereitschaft* von Menschen definiert. In Anlehnung an die theoretische Abhandlung des Kommunikationsbegriffs von BURKART (siehe Kapitel 2.2.1) kann nämlich ein Roboter als Kommunikator nur dann kommunizieren (dem Menschen etwas mitteilen), wenn der menschliche Rezipient die Mitteilung des Roboters auch *aufnehmen und verstehen will*. Ein Mensch kann nach dieser Definition dann als verständigungsbereit gelten, wenn er sein *kommunikatives Handeln* im Hinblick auf den Roboter *richten* und darüber hinaus die *allgemeine Intention* seiner kommunikativen Handlung mit dem Roboter *teilen will*. Ein Mensch ist also dann *kommunikationsbereit*, wenn er sich auf Anfrage explizit zu einer Kommunikation bereit erklärt.

Um den in der Hypothese aufgestellten positiven Zusammenhang zwischen *Menschenähnlichkeit* und *Kommunikationsbereitschaft* messen zu können, werden Probanden in jeweils fünf Rundgängen befragt, mit welchen der jeweils zwei Roboter – menschenähnlich oder nicht menschenähnlich – sie *eher* kommunizieren würden. Aus der Kommunikationsbevorzugung kann sodann die Verständigungsbereitschaft abgeleitet werden. Die folgende Tabelle soll veranschaulichen, wie gemessen werden soll, ob die *Verständigungsbereitschaft* der Menschen mit einem Androiden größer ist als mit einem nicht menschenähnlichen Tierroboter.

Tabelle 4: Operationalisierung von Kommunikationsbereitschaft auf zweidimensionaler Nominalskala

Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=Actroid 	2=Leonardo 
Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=ReplieeQ 	2=Autom 
Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=EveR 	2=Aibo 

Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=Hrp4c 	2=Nexi 
Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=Geminoid 	2=Nao 

Um die Hypothese bestätigen, also den positiven Zusammenhang zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* und der *Kommunikationsbereitschaft* empirisch nachweisen zu können, muss die *Kommunikationsbereitschaft* der Befragten mit den *Androiden* signifikant höher sein als mit den maschinenähnlichen Robotern.

3.2 Kommunikationsbedingungen

<p>Forschungsfrage₂ (Kommunikationsbedingungen)</p> <p>Wirkt sich Kommunikationsfähigkeit eines Roboters auf die Kommunikationsbedingungen aus?</p> <p>Hypothese₂ (Kommunikationsbedingungen):</p> <p>Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto besser sind die Kommunikationsbedingungen.</p> <p>Operationalisierung (Kommunikationsbedingungen, i.A. VENKATESH et al. 2003: „Facilitating Conditions“):</p> <p>Kommunikationsfähigkeit = Fähigkeit einen sprachlichen Dialog mit Menschen zu führen</p> <p>Kommunikationsbedingungen = „Wissen“, „Thema“, Interesse“ und „Zweck“</p> <p>Messinstrument:</p> <p>Intervallskala mit den Ausprägungen von „1=trifft überhaupt nicht zu“ bis „7=trifft voll zu“</p>

Kommunikationsfähigkeit wird anhand der Fähigkeit eines Roboters, einen grammatikalisch richtigen Satz ausgeben und in Realitätsbezug zum Kommunikationspartner einbetten zu können, gemessen. Ein Roboter ist also dann kommunikationsfähig, wenn er mit seinem Kommunikationspartner in derselben Sprache bezugnehmend sprechen kann.

Kommunikationsbedingungen werden anhand der Indikatoren „Wissen“, „Thema“ und „Interesse“, „Zweck“ auf einer Intervallskala von „1=trifft überhaupt nicht zu“ und „7=trifft voll

und ganz zu“ gemessen. Als Basis diene das UTAUT-Modell, das „facilitating conditions“ anhand folgender Variablen misst¹⁶²:

- „I have the resources necessary to use the system“
- „I have the knowledge necessary to use the system“
- „The system is not compatible with other systems I use“
- „A specific person (or group) is available for assistance with system difficulties“

Die folgende Tabelle soll veranschaulichen, wie in der vorliegenden Studie das Konstrukt *Kommunikationsbedingungen* anhand einer siebenstufigen Guttman-Skala gemessen werden soll.

Tabelle 5: Operationalisierung von Kommunikationsbedingungen auf siebenstufiger Likertskala

Kommunikationsbedingungen (Facilitating Conditions)	Ich habe nicht das Wissen, um mich mit dem Roboter zu unterhalten.
	Ich habe kein Thema, über das ich mich mit dem Roboter unterhalten kann.
	Ich habe kein Interesse daran mit dem Roboter zu sprechen.
	Ich habe keinen Zweck, um mich mit dem Roboter zu unterhalten.

Es wird vermutet, dass die Bedingungen für eine Kommunikation mit einem *kommunikationsfähiger* Roboter besser sind als mit einem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter, da grammatikalisch richtig vermittelte Sätze den Prozess der Herbeiführung von Einverständnis (*Verständigung*) für den Menschen erleichtern und weil ein kommunikationsfähiger Roboter impliziert, dass er Wissen mit Menschen teilen kann.

Um die Hypothese bestätigen, also den positiven Zusammenhang zwischen *Kommunikationsfähigkeit* und *Kommunikationsbedingungen* empirisch nachweisen zu können, müssen die Kommunikationsbedingungen mit einem kommunikationsfähigen Roboter (Androiden) besser sein als mit einem nicht kommunikationsfähigen Roboter (Tierroboter).

3.3 Kommunikationsperformance

<p>Forschungsfrage₃ (Kommunikationsperformance)</p> <p>Wirkt sich die <i>Kommunikationsfähigkeit</i> eines Roboters auf die <i>Kommunikationsperformance</i> aus?</p> <p>Hypothese₃ (Kommunikationsperformance)</p>

¹⁶² Vgl. ebd. S. 460

Je *kommunikationsfähiger* ein Roboter ist, desto besser ist die *Kommunikationsperformance*.

Operationalisierung (Kommunikationsperformance, i.A. VENKATESH et al. 2003: „Performance Expectancy“)

Kommunikationsfähigkeit: Fähigkeit einen sprachlichen Dialog mit Menschen zu führen

Kommunikationsperformance: „*zahlt sich aus*“, „*ist hilfreich*“ und „*ist von Nutzen*“

Messinstrument:

Intervallsskala mit den Ausprägungen „1=trifft überhaupt nicht zu“ bis „7=trifft voll zu“

Kommunikationsfähigkeit wird anhand der Fähigkeit eines Roboters, einen grammatikalisch richtigen Satz ausgeben und in Realitätsbezug zum Kommunikationspartner einbetten zu können, gemessen. Ein Roboter ist also dann kommunikationsfähig, wenn er mit seinem Kommunikationspartner in derselben Sprache sprechen kann.

Die *Kommunikationsperformance* wird anhand den Items „*die Kommunikation zahlt sich aus*“, „*ist hilfreich*“ und „*ist von Nutzen*“ auf einer Intervallsskala von „1=trifft überhaupt nicht zu“ und „7=trifft voll zu“ gemessen. Die folgende Tabelle soll veranschaulichen, wie das Konstrukt *Kommunikationsperformance* anhand der Items gemessen werden soll:

Tabelle 6: Operationalisierung von Kommunikationsperformance auf siebenstufigen Intervallsskala

Kommunikationsperformance (performance expectancy)	Die Kommunikation mit dem Roboter zahlt sich aus.
	Die Kommunikation mit dem Roboter ist hilfreich.
	Die Kommunikation mit dem Roboter ist von Nutzen.

Es wird vermutet, dass die *Kommunikationsperformance* eines *kommunikationsfähigen* Roboter besser ist als die eines *nicht kommunikationsfähigen* Roboters, da ein *kommunikationsfähiger* Roboter wegen der grammatikalisch richtigen Sätze und der sprachlichen Transparenz seiner Intentionen in Anlehnung an BURKART für den Menschen „*leistungsfähiger*“¹⁶³ ist, als ein nicht kommunikationsfähiger Roboter und dadurch weniger *Kommunikationsprobleme* auslöst. Und Kommunikationsprobleme entstehen eben dann, wenn Kommunikationsprozesse nicht jene Leistungen für Menschen erbringen, die ihnen zugeschrieben werden.

¹⁶³ Vgl. Burkart (2002), S. 537

Um die Hypothese bestätigen, also den positiven Zusammenhang zwischen *Kommunikationsfähigkeit* und *Kommunikationsperformance* empirisch nachweisen zu können, muss die Beurteilung der Kommunikationsperformance mit einem *kommunikationsfähigen Roboter besser* ausfallen als mit einem *nicht kommunikationsfähiger Roboter*.

3.4 Kommunikationsaufwand

Forschungsfrage₄ (Kommunikationsaufwand)

Wirkt sich die Kommunikationsfähigkeit eines Roboters auf den Kommunikationsaufwand aus?

Hypothese₄ (Kommunikationsaufwand):

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto geringer ist der Kommunikationsaufwand.

Operationalisierung (Kommunikationsaufwand, i.A. VENKATESH et al. 2003: „Effort Expectancy“):

Kommunikationsfähigkeit = Fähigkeit einen sprachlichen Dialog mit Menschen zu führen

Kommunikationsaufwand = „*ist zeitaufwendig*“, „*ist mühsam*“ und „*ist anstrengend*“

Messinstrument:

Intervallsskala mit den Ausprägungen „1=trifft überhaupt nicht zu“ bis „7=trifft voll zu“

Kommunikationsfähigkeit wird anhand der Fähigkeit eines Roboters, einen grammatikalisch richtigen Satz ausgeben und in Realitätsbezug zum Kommunikationspartner einbetten zu können, gemessen. Ein Roboter ist also dann kommunikationsfähig, wenn er mit seinem Kommunikationspartner in derselben Sprache sprechen kann.

Der *Kommunikationsaufwand* wird anhand den Items „*Kommunikation ist zeitaufwendig*“, „*ist mühsam*“ und „*ist anstrengend*“ auf einer Intervallsskala von „1=trifft überhaupt nicht zu“ und „7=trifft voll zu“ gemessen. Die folgende Tabelle soll veranschaulichen, wie das Konstrukt *Kommunikationsaufwand* anhand der genannten Items konkret gemessen werden soll:

Tabelle 7: Operationalisierung von Kommunikationsaufwand auf siebenstufigen Intervallsskala

Kommunikationsaufwand (effort expectancy)	Die Kommunikation mit dem Roboter ist zeitaufwendig.
	Die Kommunikation mit dem Roboter ist mühsam.
	Die Kommunikation mit dem Roboter ist anstrengend.

Es wird in Anlehnung an das UTAUT-Modell vermutet, dass der *Kommunikationsaufwand* mit einem *kommunikationsfähigen* Roboter *geringer* ist, als mit einem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter, da ein *kommunikationsfähiger* Roboter wegen der grammatikalisch richtigen Sätze und der sprachlichen Transparenz seiner Intentionen im Sinne des Verständigungsbegriffs von HABERMAS für den Menschen „*verständlicher*“ ist als ein nicht kommunikationsfähiger Roboter, der *En- und Decodierungsprozess* leichter durchgeführt werden kann und somit das allgemeine Ziel, nämlich Verständigung, leichter stattfinden kann.

Um die Hypothese bestätigen, also den negativen Zusammenhang zwischen *Kommunikationsfähigkeit* und *Kommunikationsaufwand* empirisch nachweisen zu können, muss der Kommunikationsaufwand mit einem *kommunikationsfähigen Roboter geringer* sein als mit einem *nicht kommunikationsfähigen Roboter*.

3.5 Sozialer Kommunikationseinfluss

Forschungsfrage₅ (Sozialer Kommunikationseinfluss)

Wirkt sich die Kommunikationsfähigkeit eines Roboters auf den sozialen Kommunikationseinfluss aus?

Hypothese₅ (Sozialer Kommunikationseinfluss, i.A. VENKATESH et al. 2003: „Social Influence“)

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto größer ist der soziale Kommunikationseinfluss.

Operationalisierung:

Kommunikationsfähigkeit = Fähigkeit einen sprachlichen Dialog mit Menschen zu führen

Sozialer Kommunikationseinfluss = „Beruf“, „Familie“ und „soziales Umfeld“

Messinstrument:

Intervallsskala mit den Ausprägungen „1=trifft überhaupt nicht zu“ bis „7=trifft voll zu“

Kommunikationsfähigkeit wird anhand der Fähigkeit eines Roboters, einen grammatikalisch richtigen Satz ausgeben und in Realitätsbezug zum Kommunikationspartner einbetten zu können, gemessen. Ein Roboter ist also dann kommunikationsfähig, wenn er mit seinem Kommunikationspartner in derselben Sprache sprechen kann.

„Social influence is defined as the degree to which an individual perceives that important others believe he or she should use the new system.“¹⁶⁴

In Anlehnung an die obige Definition von VENKATESH wird der soziale Kommunikationseinfluss anhand der Items „kommunikativen Roboter kaufen“, „kommunikativen Roboter auf Wunschliste setzen“ und „Kommunikationswunsch mit kommunikativem Roboter“ auf einer Intervallskala von „1=trifft überhaupt nicht zu“ und „7=trifft voll zu“ gemessen. Die folgende Tabelle soll veranschaulichen, wie das Konstrukt *soziale Kommunikationseinfluss* anhand der genannten Items konkret gemessen werden soll:

Tabelle 8: Operationalisierung von Sozialem Kommunikationseinfluss auf siebenstufigen Intervallskala

Sozialer Kommunikationseinfluss (social influence)	Menschen, die mein Verhalten beeinflussen (z.B. Chef), w ürden es begrüßen, w enn ich mit Robotern kommuniziere.
	Menschen, die mir wichtig sind (z.B. Familie), w ürden es cool finden, w enn ich mit Robotern kommuniziere.
	In meinem nahen Umfeld wird mit Robotern kommuniziert.

Es wird in Anlehnung an das UTAUT-Modell vermutet, dass das soziale Umfeld eine maßgebliche Rolle dabei spielt, *ob* man mit einem Roboter kommunizieren soll oder nicht. Wenn es z.B. im beruflichen Umfeld gern gesehen oder erwünscht ist, mit einem Roboter zusammenzuarbeiten und ihn als Gesprächspartner anzusehen, ist das ein möglicher Indikator für gesellschaftliche Akzeptanz von Robotern. Da Roboter, wie im Theorieteil ausführlich dargelegt, immer sozialer und kommunikativer werden und unter anderem als „Partner“ und nicht mehr nur als Maschinen Eingang in die Gesellschaft in finden, wird in diesem Zusammenhang also vermutet, dass ein *kommunikationsfähiger* Roboter einem größeren sozialen Einfluss unterlegen ist als ein *nicht kommunikationsfähiger* Roboter, da ein kommunikationsfähiger Roboter wegen der grammatikalisch richtigen Sätze und der sprachlichen Transparenz seiner Intentionen im Sinne des Verständigungsbegriffs von HABERMAS (siehe Kapitel 2.2.1) für den Menschen „verständlicher“ ist, als ein nicht kommunikationsfähiger Roboter und daher als „gleichberechtigter“ Kommunikationspartner - im Sinne des *Chancengleichheitsbegriffs* von HABERMAS - angesehen wird.

¹⁶⁴ Vgl. ebd. S. 451

Um die Hypothese bestätigen, also den positiven Zusammenhang zwischen *Kommunikationsfähigkeit* und *sozialem Kommunikationseinfluss* empirisch nachweisen zu können, muss ein kommunikationsfähiger Roboter einen stärkeren sozialen Kommunikationseinfluss nachweisen, als ein nicht kommunikationsfähiger Roboter.

3.6 Kommunikationsabsicht

Forschungsfrage₆ (Kommunikationsabsicht)

Wirkt sich die *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters auf die *Kommunikationsabsicht* aus?

Hypothese₆ (Kommunikationsabsicht)

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto größer ist die Kommunikationsabsicht.

Operationalisierung (Kommunikationsabsicht i.A. VENKATESH et al. 2003: „Intention To Use“)

Kommunikationsfähigkeit = Fähigkeit einen sprachlichen Dialog mit Menschen zu führen

Kommunikationsabsicht = „Ich würde mich gerne einmal mit dem Roboter unterhalten“

Messinstrument:

Intervallsskala mit den Ausprägungen „1=trifft überhaupt nicht zu“ bis „7=trifft voll zu“

Kommunikationsfähigkeit wird anhand der Fähigkeit eines Roboters, einen grammatikalisch richtigen Satz ausgeben und in Realitätsbezug zum Kommunikationspartner einbetten zu können, gemessen. Ein Roboter ist also dann kommunikationsfähig, wenn er mit seinem Kommunikationspartner in derselben Sprache sprechen kann.

Die *Kommunikationsabsicht* wird anhand den Indikatoren „kommunikativen Roboter kaufen“, „kommunikativen Roboter auf Wunschliste setzen“ und „Kommunikationswunsch mit kommunikativem Roboter“ auf einer Intervallsskala von „1=trifft überhaupt nicht zu“ und „7=trifft voll zu“ gemessen. Die folgende Tabelle soll veranschaulichen, wie das Konstrukt *soziale Kommunikationsdistanz* anhand der genannten Indikatoren konkret gemessen werden soll:

Tabelle 9: Operationalisierung von Kommunikationsabsicht anhand einer siebenstufigen Intervallskala

Kommunikationsabsicht (intention to use)	Ich würde mich gerne einmal mit dem Roboter unterhalten.
---	--

Es wird vermutet, dass ein *kommunikationsfähiger* Roboter eine *größere Kommunikationsabsicht* auslöst als ein *nicht kommunikationsfähiger* Roboter, da ein kommunikationsfähiger Roboter wegen der grammatikalisch richtigen Sätze und der sprachlichen Transparenz seiner Intentionen im Sinne des Verständigungsbegriffs von HABERMAS (siehe Kapitel 2.2.1) für den Menschen „*verständlicher*“ ist als ein nicht kommunikationsfähiger Roboter und daher als „*gleichberechtigter*“ Kommunikationspartner - im Sinne des *Chancengleichheitsbegriffs* von HABERMAS - angesehen wird.

Um die Hypothese bestätigen, also den negativen Zusammenhang zwischen *Kommunikationsfähigkeit* und *Kommunikationsabsicht* empirisch nachweisen zu können, muss die Kommunikationsabsicht mit einem *kommunikationsfähigen Roboter größer* sein als mit dem *nicht kommunikationsfähiger Roboter*.

3.7 Hypothesenmodell

Die folgende Abbildung soll die theoretisch abgeleiteten Hypothesen, die soeben vorgestellt wurden, in einem Modell veranschaulichen, dass im Zuge der empirischen Untersuchung bestätigt oder widerlegt werden soll:

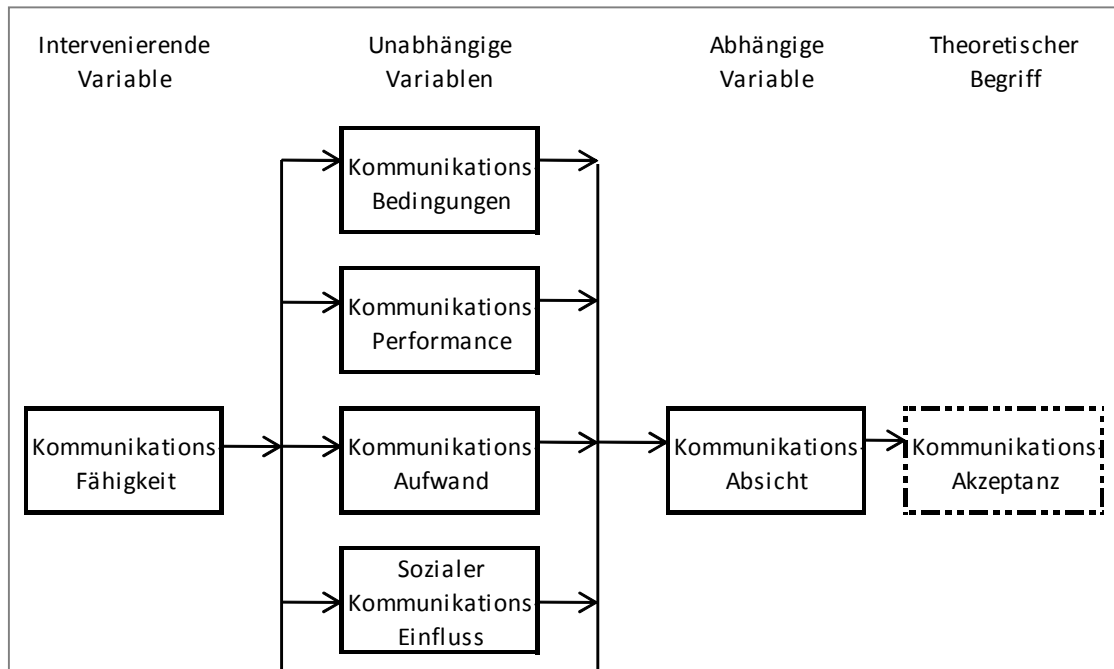


Abbildung 8: Hypothesenmodell

Das theoretische Konstrukt Gesprächsakzeptanz lässt sich anhand dieses Modells in Anlehnung an das UTAUT-Technologieakzeptanzmodell von Venkatesh anhand der Kommunikationsabsicht messen, die wiederum von den zentralen Faktoren erleichternde Bedingungen, Performance, Aufwand und soziale Einflüsse abhängig ist. Um den in der zentralen Hypothese aufgestellten Zusammenhang zwischen der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der Gesprächsakzeptanz messen zu können, wurde das Modell deshalb in Anlehnung an die theoretischen Erkenntnisse im Kapitel 2.2.1, um einen neuen Faktor ergänzt, nämlich *Kommunikationsfähigkeit*. Im nächsten Kapitel soll daher das Instrument vorgestellt werden, mit dem die Hypothesen gemessen werden können.

4 Methode

Im folgenden Kapitel soll das methodische Vorgehen hinsichtlich der inhaltlichen Fragestellung dargelegt werden¹⁶⁵. Ziel der statistischen Erhebung war, das Merkmal *Gesprächsakzeptanz von Robotern* in der festgelegten Grundgesamtheit anhand einer Zufallsstichprobe zu messen. Die Untersuchung sollte also Aufschluss über die kommunikativen Aspekte der Mensch-Roboter Interaktion geben. Als Messmethode wurde eine quantitative, experimentelle Methode bestimmt. Als Messinstrument wurde ein Online-Befragungsexperiment über die Online-Befragungssoftware *Unipark*¹⁶⁶ gewählt, da für ein Laborexperiment nach mühsamer Akquisebemühung im In- und Ausland zum Zeitpunkt keine materiellen Ressourcen (geeignete Roboter) zur Verfügung gestellt werden konnten. Als Merkmalsträger wurden Studierende an öffentlichen Wiener Universitäten definiert, weil Studierende erstens durch die Nähe zur universitären Forschung leichter zugängliche technologische Trendsetter sind. Und zweitens, durch die erst langsam stattfindende Einführung von Robotern die zukünftige Zielgruppe der Robotik sind. Die aus der exakt definierten Studierenden-Grundgesamtheit einfach gezogene Zufallsstichprobe umfasste 783 Versuchspersonen, die per Zufallstrigger jeweils in zwei unterschiedliche virtuelle Versuchsräume geleitet wurden. Die Experimentalgruppe wurde mit dem Stimulus (sprachlich kommunikationsfähiger Roboter Actroid-DER2) manipuliert, die Kontrollgruppe nicht (sprachlich kommunikationsunfähiger Roboter Leonardo). Der Pretest wurde mit zehn Studenten aus der Grundgesamtheit durchgeführt, um etwaige Inhalts- und Technikmängel frühzeitig beheben zu können. Die Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 15.0. Die folgenden Abschnitte sollen das methodische Vorgehen detaillierter beschreiben.

4.1 Grundgesamtheit und Stichprobe

Als Grundgesamtheit wurden alle Personen definiert, die im Wintersemester 2009/2010 mit dem Stichtag 30.09.2009 als ordentliche Studierende an einer öffentlichen Wiener Universität gemeldet waren. Da aus Kosten- und Zeitgründen nicht alle Studierende in die Erhebung einbezogen werden und aus datenschutzrechtlichen Gründen auch nicht alle Universitäten ihre Studentenemailverteiler zur Verfügung stellen konnten, wurde eine Teilerhebung mit einer stellvertretenden Stichprobe durchgeführt. Als Auswahlbasis für die Definition der exakten Grundgesamtheit wurde die Studierendenstatistik für das Wintersemester 2009/2010 von der Website des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung sowie der Universität Wien

¹⁶⁵ Vgl. Mayer 2008: S. 58ff.

¹⁶⁶ Vgl. <http://www.unipark.info/1-0-unipark-homepage.htm> (Letzter Stand: 19.04.2010)

herangezogen¹⁶⁷. Konkret wurde die Grundgesamtheit demzufolge auf folgende Universitäten/ Institute eingeschränkt: Universität für angewandte Kunst (1.430 ordentliche Studierende), Universität für Musik und darstellende Kunst (2.912 ordentliche Studierende), Akademie der bildenden Künste (1.096 ordentliche Studierende), das Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft (6.027 Studierende), das Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik und die FH Wien (36.085 ordentliche Studierende). Somit umfasste die bereinigte Grundgesamtheit insgesamt N=47.550 ordentliche Studierende.

Die Teilerhebung fand *einmalig* im Zeitraum zwischen dem 03.12. und 23.12.2009 statt und dauerte somit insgesamt 20 Tage. Die zwei Stichproben wurden mit Hilfe des *einstufigen Zufallsauswahlverfahrens* aus der Grundgesamtheit ohne Zurücklegen gezogen. Als Auswahlbasis für die Stichprobe wurden die universitären Studentenheimverteiler herangezogen. Jeder Student an einer öffentlichen Wiener Universität hatte über die Anwerbung über seine universitäre Emailadresse dieselbe Wahrscheinlichkeit, nämlich 1,6 %, in die repräsentative Stichprobe zu gelangen.

Um Aussagen über Merkmale in den zwei zufällig gezogenen Stichproben auf die Grundgesamtheit übertragen zu können, wurde anhand folgender Formel die optimale Stichprobengröße berechnet¹⁶⁸:

$$n = \frac{N}{1 + d^2(N - 1)} \cong 397$$

Die Irrtumswahrscheinlichkeit bzw. der Stichprobenfehler wurde auf 5 % (d=0,05) und die Vertrauenswahrscheinlichkeit für den „wahren Wert“ bzw. das Konfidenzlevel somit auf 95 % festgelegt. Die unbekannte Verteilung der zu untersuchenden Merkmale wurde als ungünstigster Fall, nämlich 50 %, angenommen (p=0,5). Somit ließ sich eine optimale Stichprobengröße von 397 Versuchsteilnehmern festsetzen. Daraus ließ sich desweiteren eine Schwankungsbreite von 3,5 % zur Ermittlung des „wahren Werts“ in der Grundgesamtheit berechnen. Da der tatsächlich erreichte Stichprobenumfang mehr als 30 Fälle umfasste und die Berechnung der Varianz (n*p*q) einen größeren Wert als 9 ergab, nämlich 37,1925, konnte für die Parameter eine Normalverteilung angenommen werden.

¹⁶⁷ Quellen der Studierendenstatistik:

http://eportal.bmbwk.gv.at/portal/page?_pageid=93,499528&_dad=portal&_schema=PORTAL&E1aufgeklappt=4

<http://studieren.univie.ac.at/index.php?id=959>

¹⁶⁸ Vgl. Denz 1989, S. 60 sowie Kaplitza 1989, S. 172 und Mayer 2008, S. 66

Um die Repräsentativität der Stichprobe und Untersuchungsergebnisse zu gewährleisten, wurden die in der Grundgesamtheit bekannten Merkmale Geschlecht (höherer Frauenanteil) und Alter (Durchschnittsalter 26 Jahre) herangezogen und mit der gezogenen Stichprobe verglichen.

4.2 Erhebungsmethode

Im Hinblick auf die theoretische Fragestellung – Gesprächsakzeptanz von Robotern – fiel die Entscheidung auf eine empirische, quantitative und experimentelle Forschungsmethode. Ursprünglich war die Durchführung eines Laborexperiments mit Robotern in einem Seniorenheim angedacht. Dieses musste aufgrund von fehlenden Roboter-Ressourcen, die für das geplante Studiendesign nötig gewesen wären, und aus Kostengründen verworfen werden. Als geeignetes alternatives Erhebungsinstrument wurde demzufolge ein einmaliges, voll standardisiertes Online-Befragungsexperiment mit der professionellen Globalpark-Software¹⁶⁹ ausgewählt. Die dadurch entstandene schlechtere Kontrollierbarkeit von Störfaktoren (unbekannte Umgebung der Versuchspersonen) musste in Kauf genommen werden. Die Wahl fiel deshalb auf eine experimentelle Untersuchungsmethode, weil nur mit einem Experiment kausale Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten erforscht werden konnten. Der Experimentator war durch die Onlinesituation nicht vor Ort und konnte deshalb nicht aktiv mitwirken. Dadurch konnte der „Versuchsleitereffekt“ eliminiert werden. Als experimentelle Faktoren (unabhängige Variablen) wurden Kommunikationsbedingungen, -performance, -aufwand, sozialer Kommunikationseinfluss und soziale Kommunikationsdistanz definiert. Folgende experimentelle Situation wurde festgelegt: Der Experimentator schickte per Email einen Einladungslink zur Teilnahme an der Studie. Die Experimentalperson wurde per Zufallsverfahren in einen der beiden virtuellen Versuchsräume geleitet, wo sie zuerst einen technischen Test absolvieren musste. Konnte eine Versuchsperson weder Bilder noch Videos auf ihrem Bildschirm sehen, wurde diese wieder aus dem virtuellen Versuchsraum geleitet, da ohne technische Voraussetzungen kein Treatment erfolgen konnte. Die Versuchspersonen, die keine technischen Probleme aufwiesen, bekamen in der Folge in fünf Rundgängen unterschiedliche Bilder von jeweils zwei Robotern – einem menschenähnlichen und einem maschinenähnlichen - gezeigt und mussten angeben, mit welchem der beiden Roboter sie am ehesten kommunizieren würden. Nach den fünf Bildvorstellungen bekamen die Versuchspersonen in den zwei virtuellen Versuchsräumen zwei unterschiedliche Videos, in

¹⁶⁹ Quelle: <http://www.unipark.info/>

denen ein Roboter mit Menschen unterschiedlich kommuniziert, vorgeführt. Im ersten virtuellen Versuchsraum (Experimentalgruppe) wurde ein 58-Sekunden-Video gezeigt, in dem ein menschenähnlicher, weiblicher Roboter (ActroidDER-2) auf Fragen des Publikums antwortete, also mit dem Publikum verbal kommunizierte. Im zweiten virtuellen Versuchsraum (Kontrollgruppe) wurde ein 58-Sekunden-Video gezeigt, in dem ein Tierroboter (Leonardo) einem Mann zuhörte, jedoch nicht antwortete, also nur nonverbal kommunizierte. Im Anschluss an die zwei unterschiedlichen Video-Stimuli werden die Versuchspersonen gebeten, die Kommunikationssituation auf siebenstufigen Skalen hinsichtlich der experimentellen Faktoren zu bewerten. Die Versuchspersonen hatten zu jedem Zeitpunkt die Gelegenheit die Studie abzubrechen.

Das Befragungsexperiment wurde absichtlich und planmäßig durchgeführt („*Willkürlichkeit*“). Es wurden zwei unterschiedliche Bedingungen (nonverbale vs. verbale Mensch-Roboter-Kommunikation) aufgestellt („*Bedingungsvariation*“). Die Bedingungen wurden bewusst unter Ausschaltung von Störfaktoren (Robotererfahrung, Roboternutzung, Robotersehen, Roboterbewertung, Beruf, Alter, Geschlecht) und durch eine standardisierte Befragungssituation kontrolliert („*Bedingungskontrolle*“). Schließlich wurde die experimentelle Situation genau beschrieben, damit die Studie unter annähernd gleichen Bedingungen wiederholt werden kann („*Wiederholbarkeit*“).

Ziel des Online-Befragungsexperiments war, den Einfluss der Kommunikationsfähigkeit von Robotern (unabhängige Variable) auf die Kommunikationsakzeptanz der Befragten (abhängige Variable) zu prüfen und dadurch Kausalitätsaussagen zu ermöglichen. Es nahmen 783 Versuchspersonen an der Studie teil. Das Experiment fand in zwei virtuellen Versuchsräumen statt. Die Probanden wurden per Zufallsprinzip in die virtuellen Versuchsräume geleitet. Im ersten virtuellen Versuchsraum wurde ein Video mit einem menschenähnlichen, verbal und nonverbal kommunikationsfähigen Roboter gezeigt (Experimentalgruppe Actroid-DER2). Im zweiten virtuellen Versuchsraum wurde ein Video mit einem tierähnlichen, nur nonverbal kommunikationsfähigen Roboter vorgeführt (Kontrollgruppe Leonardo). Es sollte getestet werden, ob ein Roboter, der sprechen kann, bei den Probanden eine höhere Gesprächsakzeptanz auslöst als ein Roboter, der nicht sprechen kann.

In die Roboterentscheidung flossen bewusst zwei aktuelle Trends ein. Die amerikanische Robotik, unter Führung von Cynthia Breazeal, setzt auf emotionale, nicht sprechende Personal

Robots¹⁷⁰, während sich die japanische Robotik unter der Führung von Hiroshi Ishiguro auf menschenähnliche, sprechende Roboter¹⁷¹ spezialisiert hat. Um zu testen, welcher der beiden Trends in Österreich (stellvertretend für Zentraleuropa) favorisiert wird, wurden zwei Robotervideos, die diese beiden Trends widerspiegeln, für die Studie verwendet. Die Videos wurden von der YouTube-Plattform¹⁷² entnommen, auf dieselbe Länge zusammengeschnitten und für die Dauer der Studie auf YouTube online gestellt. Dabei wurden Szenen, die den Kommunikationsfluss zwischen den Kommunikationsbeteiligten störten (Lachen, Räuspern, Undeutliches) herausgeschnitten und nur diejenigen Szenen verwendet, in der eine klare, direkte Kommunikationssituation erkennbar war. Es hatten nur die eingeladenen Studienteilnehmer Zugriffe auf die geschnittenen Videos. Die folgende Tabelle soll das experimentelle Design der vorliegenden Studie veranschaulichen.

¹⁷⁰ Quelle: <http://robotic.media.mit.edu/index.html> (Letzter Stand 22.03.2010)

¹⁷¹ Quelle: <http://www.is.sys.es.osaka-u.ac.jp/index.en.html> (Letzter Stand 22.03.2010)

¹⁷² Quellen: Leonardo: http://www.youtube.com/watch?v=ilmDN2e_Flc und Actroid-DER2: http://www.youtube.com/watch?v=M3tcSIWLS_g (Letzter Stand: 22.03.2010)

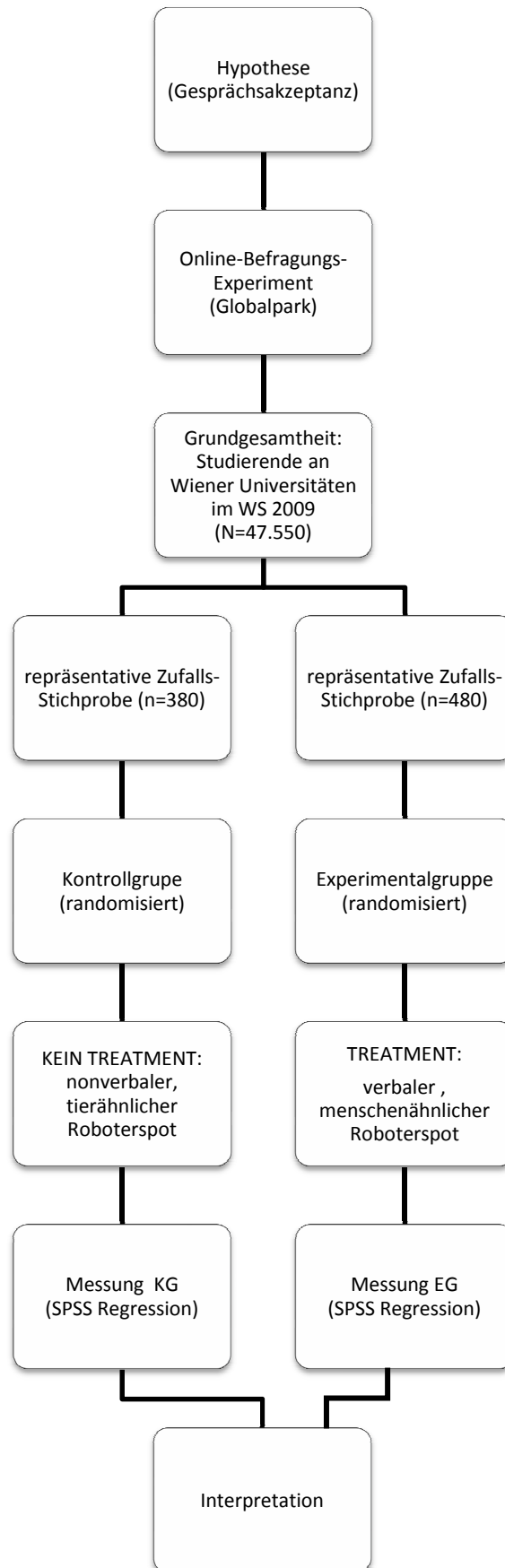


Abbildung 9: Experimentelles Design

Um zwischen Ursache und Wirkung unterscheiden zu können, wurden die Bedingungen also systematisch manipuliert. Als Stimulus wurde die verbale Kommunikationsfähigkeit eines Roboters verwendet. Die Experimentalgruppe wurde dem Stimulus ausgesetzt (Spot mit einem menschenähnlichen Roboter, der sprechen kann), die Kontrollgruppe nicht (Spot mit einem tierähnlichen Roboter, der *nicht* sprechen kann). Durch die systematische Manipulation des Stimulus sollte der Effekt der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters auf die Veränderung der Kommunikationsakzeptanz gewährleistet werden. Um den Störfaktor Roboteraussehen (menschenähnlich vs. maschinenähnlich bzw. tierähnlich) kontrollieren zu können, wurde in der Experimentalgruppe deshalb ein menschenähnlicher Roboter verwendet, da mit einem Menschen sprachliche Kommunikationsfähigkeit assoziiert wird. Und in der Kontrollgruppe wurde ein tierähnlicher Roboter verwendet, da mit einem Tier nicht automatisch sprachliche (Mensch-zu-Mensch) Kommunikationsfähigkeit assoziiert wird. Dieser Zusammenhang zwischen Menschenähnlichkeit und Kommunikationsfähigkeit von Robotern wurde in den virtuellen Versuchsräumen bewusst kontrolliert und im Online-Fragebogen abgefragt. Die untersuchungsrelevanten Merkmale, die im Onlinefragebogen abgefragt wurden, waren: Kommunikationsbedingungen, Kommunikationsperformance, Kommunikationsaufwand, Sozialer Kommunikationseinfluss und Soziale Kommunikationsdistanz (siehe Kapitel 3). Die folgende Abbildung soll das Untersuchungsdesign der Studie veranschaulichen.

4.3 Pretest

Ziel des Pretests war, die Validität und Reliabilität der geplanten Studie zu testen. Der Pretest sollte dementsprechend in erster Linie die inhaltliche und sprachliche Verständlichkeit der vorgesehenen Fragen überprüfen. Darüber hinaus sollte untersucht werden, ob bei der vorgenommenen Kategorienbildung die Kriterien eindeutig, ausschließlich und vollständig bei den Probanden wahrgenommen wurden. Desweiteren sollte überprüft werden, ob die Merkmale mithilfe des gewählten Instrumentes gemessen werden konnten. Schließlich sollten etwaige technische oder inhaltliche Probleme in der Vorerhebung identifiziert und beseitigt werden.

Der Pretest wurde einen Monat vor der geplanten Online-Studie im November 2009 mit zehn Versuchsteilnehmern aus der Grundgesamtheit durchgeführt. Diese Personen wurden im Anschluss persönlich interviewt, um die Schwachpunkte des Fragebogens qualitativ zu

ermitteln. Folgende Änderungen konnten mit Hilfe der Anmerkungen der Stichprobenteilnehmer am Fragebogen durchgeführt werden:

Es konnte frühzeitig entdeckt werden, dass ein Proband aufgrund einer fehlenden technischen Applikation weder die Bilder noch die Spots ansehen konnte. Deshalb wurde für die Dauer der Studie ein YouTube-Account erstellt, wo die Robotervideos für die Dauer der Studie unter Berücksichtigung des Copyrights und mit dem Verweis auf die Originalvideos online gestellt und für die geschlossene Gruppen (Versuchsteilnehmer) über einen Link auf den jeweiligen Fragebogenseiten alternativ zugänglich gemacht wurden. Im Falle der Bilder wurde an der Anfangsseite eine Frage eingebaut, die Teilnehmer ausschließt, die Bilder auf Grund technischer Schwierigkeiten nicht erkennen konnten.

Desweiteren wurde in Anlehnung an den Vorschlag eines anderen Probanden die Struktur des Fragebogens dahingehend geändert, dass auf jeder Fragebogenseite der Weiter-Knopf ohne Hinunter-Scrollen ersichtlich war. Damit wurde erstens die Ergonomie des Fragebogenausfüllens verbessert. Und zweitens die leichtere Beantwortung der Fragebogen durch eine geringere Informationsfülle pro Fragebogenseite gewährleistet.

Darüber hinaus wurden einige Fragen wegen Verständnisproblemen umformuliert und gekürzt, um die Abbrecherquote zu senken. Die Itematterie Kommunikationsbedingungen wurde komplett umkodiert, da die Fragen nicht valide waren und somit das theoretische Konstrukt nicht genau gemessen werden konnte. Die Fragen des theoretischen Konstrukts Sozialer Kommunikationseinfluss wurden auch so umformuliert, dass sie für alle Probanden klar und missverständlich waren.

Zudem konnte festgestellt werden, dass die Kommunikationsabsicht in der Kontrollgruppe nicht anhand des ursprünglich gewählten Robotervideos (Roboter Nexi vom MIT Media Lab¹⁷³) gemessen werden konnte, da der Roboter in keiner vergleichbaren interaktiven Kommunikationssituation gezeigt wurde. Ein Monolog eines Roboters war nicht direkt vergleichbar mit einem Dialog eines Roboters mit einem Publikum. Deshalb wurde im Anschluss an den Pretest der YouTube-Videopool nach geeigneten, vergleichbaren Robotervideos durchsucht. Die Wahl fiel auf ein Video, in dem der Tierroboter Leonardo einen nonverbalen Dialog mit einem Menschen führte. Somit konnte die Validität des Studiendesigns rechtzeitig verbessert werden.

¹⁷³ Quelle: <http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/mds/overview/overview.html>

Schließlich konnte basierend auf den Ergebnissen des Pretests die durchschnittliche Befragungsdauer ermittelt werden, nämlich 9 Minuten.

4.4 Auswertungsmethode

Die Auswertung des Onlinefragebogens erfolgte mit der professionellen Analyse- und Statistiksoftware SPSS 15.0¹⁷⁴.

Um die Lage- und Streumaße der erhobenen empirischen Daten zu ermitteln und auf Fehler zu überprüfen, wurde die *Deskriptive Statistik* angewandt. Konkret wurden die mittlere Tendenz der Daten anhand des *arithmetischen Mittels*, sowie die Streuung um die mittlere Tendenz anhand der Standardabweichung errechnet. Bei nominalskalierten Variablen wurde der *Modalwert* und bei verteilungsschiefen Variablen wurde der *Median* herangezogen. Zusätzlich wurde die Verteilungsform der Variablen anhand der *Schiefte* berechnet. Ein negativer Wert gab Aufschluss darüber, dass die Verteilung der Messwerte linksschief war. Und ein positiver Wert ließ den Rückschluss auf eine rechtsschiefe Verteilung zu. Zur Visualisierung der Lage- und Streumaße wurden grafische *Boxplots* erstellt. Die deskriptivstatistische Auswertungsmethode wurde konkret für die soziodemographischen Merkmale Geschlecht, Alter, Bildung, Beruf, Roboternutzung und Robotererfahrung (siehe Kapitel 5.1) sowie die Merkmale Kommunikationsbevorzugung (siehe Kapitel 5.2) und Roboterbewertung (siehe Kapitel 5.3) angewandt.

Um die erhobenen Daten in der Stichprobe auf die Grundgesamtheit übertragen und somit die im Kapitel 3.2 aufgestellten Hypothesen überprüfen zu können, wurde die *Inferenzstatistik* angewandt. Zuerst wurden die Forschungshypothesen in eine Null- und Alternativhypothese statistisch umformuliert. Im nächsten Schritt wurden unter Berücksichtigung des Skalenniveaus geeignete Signifikanztests ausgewählt. Daraufhin wurde anhand eines F-Tests für die normalverteilten Variablen geprüft, ob die *Varianzen* in der Kontroll- und Experimentalgruppe aus einer Grundgesamtheit stammen, also homogen waren. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass der T-Test angewendet werden konnte. Schließlich wurde das Vertrauensniveau auf 95% festgesetzt, der kritische Prüfwert berechnet und die Hypothese geprüft. Die inferenzstatistische Auswertungsmethode wurde konkret für folgende Hypothesen (siehe Kapitel 5.4) angewandt: Kommunikationsbevorzugung, Kommunikationsbedingungen, Kommunikationsperformance, Kommunikationsaufwand, Sozialer Kommunikationseinfluss, Soziale Kommunikationsdistanz und Gesprächsakzeptanz.

Um die Mittelwerte der Kontroll- und Experimentalgruppe miteinander zu vergleichen und zu testen, ob auftretende *Mittelwertunterschiede* zwischen den Gruppen nicht rein zufällig

¹⁷⁴ Quelle: <http://www.spss.com/de/articles/archiv/p0906.htm>

entstanden sind, wurde für die normalverteilten und intervallskalierten Variablen der *T-Test* nach Student für unabhängige Stichproben durchgeführt. Für die ordinalskalierten und nicht normalverteilten Variablen wurde der *U-Test* nach Mann und Whitney durchgeführt.

Um Zusammenhänge zwischen nominal skalierten Variablen zu prüfen, wurde der *Chi-Quadrat-Test* angewandt.

Um Zusammenhänge und die Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen berechnen zu können, wurde eine *Korrelationsanalyse* durchgeführt. Vor der Berechnung von Korrelationen wurden zuerst Streudiagramme erstellt, um lineare Zusammenhänge schnell erkennen und damit die Berechnung des Korrelationskoeffizienten sicherstellen zu können. Für die normalverteilten und intervallskalierten Variablen wurde der bivariate Produkt-Moment-Korrelationstest nach Pearson durchgeführt. Für die nicht normalverteilten und ordinalskalierten Variablen wurde der Rangkorrelationstest nach Spearman durchgeführt. Im Allgemeinen wurden Werte des Korrelationskoeffizienten von 0 bis 0,2 als sehr schwache Korrelation, bis 0,5 als schwache Korrelation, bis 0,7 als mittlere Korrelation, bis 0,9 als starke Korrelation und über 0,9 als sehr starke Korrelation eingestuft.

Um die Richtung der linearen Zusammenhänge zwischen zwei oder mehr intervallskalierten Variablen feststellen und das im Kapitel 3.4 aufgestellte Hypothesenmodell auf Gültigkeit zu überprüfen, wurde die bivariate *Regressionsanalyse* durchgeführt.

4.5 Gütekriterien

Um die Qualität der Untersuchung gewährleisten zu können, wurden folgende Gütekriterien herangezogen¹⁷⁵.

Validität

Inwieweit hat der experimentelle Onlinefragebogen tatsächlich die Gesprächsakzeptanz von Robotern gemessen? Um sicherzustellen, dass die Gesprächsakzeptanz mit möglichst treffenden Fragen bei den Umfrageteilnehmern gemessen wurde, wurden vorhandene theoretische Konstrukte herangezogen und an das Forschungssetting angepasst. Das in der Forschungsgemeinschaft gültige UTAUT-Modell von Venkatesh (siehe Kapitel 2.1.5.1), das die Technikakzeptanz misst, wurde so modelliert, dass es die Kommunikationsakzeptanz misst. Die Übertragung des Modells wurde deshalb als valide eingestuft, weil der Roboter mit einer Technologie vergleichbar ist und die Kommunikationsakzeptanz mit ähnlichen Variablen gemessen werden kann. Die Items wurden umformuliert und an den Kommunikationsbegriff angepasst. Die Bogardusskala (siehe Kapitel 3.6) wurde ebenfalls mit einbezogen und so umformuliert, dass die soziale Distanz nicht zwischen zwei ethnisch unterschiedlichen Menschen sondern zwischen einem Menschen und einem Roboter gemessen werden kann. Abschließend wurde auch die von Bartneck¹⁷⁶ entwickelte Roboter-Einstellungsskala modelliert in die Studie eingebaut. Da ein Experiment auf Grund fehlender Ressourcen nicht in der Studie realisiert werden konnte, wurde ein Online-Befragungsexperiment durchgeführt. Eine reale Kommunikationssituation mit einem Roboter wurde durch eine virtuelle ersetzt. Das lässt Raum für Kritik, da die Ergebnisse nur auf Beobachtung und nicht Erfahrung beruhen.

Reliabilität

Lässt sich die Studie so wiederholen, dass sie zu den gleichen Ergebnissen führt? Mit Hilfe des Paralleltest-Verfahrens wurde versucht, die Messgenauigkeit zu verbessern. Die Items von vorhandenen Skalen wurden so umformuliert, dass sie noch das gleiche Konstrukt erfassen und das gleiche Ergebnis liefern, trotz unterschiedlichem Kontext. Trotzdem muss berücksichtigt werden, dass die Wahrnehmungen, Meinungen und Einstellungen der Befragten von Änderungs- und Lernprozessen beeinflusst sind. Daher können trotz sorgfältiger Operationalisierung und Standardisierung Abweichungen in den Ergebnissen nicht ausgeschlossen werden.

¹⁷⁵ Vgl. Ebster/Stalzer 2003, S. 177 ff.

¹⁷⁶ Vgl. Bartneck (2008)

Um die Signifikanz vorhandener Mittelwertsunterschiede aussagekräftiger zu gestalten, wurde bewusst darauf geachtet, eine möglichst große Stichprobe aus der Grundgesamtheit zu ziehen, da der Standardfehler mit zunehmender Stichprobengröße verringert wird. Desweiteren wurde besonders auf eine möglichst große Merkmalsähnlichkeit der Versuchsteilnehmer geachtet, da dadurch die Streuung geringer, die Varianzen homogener und auch dadurch der Standardfehler verringert wird.

Objektivität

Um die Objektivität der Untersuchung sicherzustellen, wurde sowohl in der Durchführung, als auch in der Auswertung und Interpretation darauf geachtet, subjektive Freiheiten auszuschalten. Durch die Wahl des Messinstruments – Onlinebefragungsexperiment - und der Randomisierung der Fragen, konnte die Beeinflussung der Studienteilnehmer durch den Versuchsleiter ausgeschaltet werden. Weiters konnte der individuelle Spielraum bei der Auswertung der erhobenen Daten durch Standardisierung und eindeutige Auswertungsregeln möglichst gering gehalten werden. Schließlich konnte durch Einbezug von theoretischen Belegen die Interpretationsfreiheit bei den Forschungsergebnissen geringgehalten werden. Der Fehler zweiter Art (β -Fehler) – die Beibehaltung der Nullhypothese obwohl die Alternativhypothese richtig ist - wurde durch einen möglichst großen Stichprobenumfang verringert.

4.6 Untersuchungsdesign

Die folgende Abbildung soll das Untersuchungsdesign veranschaulichen:

1 Forschungsgegenstand	Forschungsziel: Gesprächsakzeptanz von Robotern messen Theoretischer Background: UTAUT-Akzeptanzmodell (Venkatesh 2003) Pretest: November 2009: 10 Probanden Untersuchungszeitraum: Do, 03.12. - Mi, 23.12.2009 (20 Tage)
2 Stichprobenplan	Grundgesamtheit: Studenten in Wien N=47.550 Stichprobe: Studenten in Wien n=783 Auswahlbasis: Studierendenstatistik (BM.W_f) Auswahlverfahren: Einfache Zufalls-Stichprobenerhebung Zufallswahrscheinlichkeit: 0,6% pro Student Konfidenzintervall: 95%
3 Forschungsmethode	Online-Befragungsexperiment: Unipark-Onlinebefragung Treatment: Kommunikationsgrad eines Roboters Experimentalgruppe: kommunikationsfähiger Roboter Kontrollgruppe: nicht kommunikationsfähiger Roboter Randomisierung: Experimentalgruppe: ActroidDER-2 Video Kontrollgruppe: Leonardo Video abhängige Variable: Kommunikationsabsicht unabhängige Variablen: Kommunikationsbedingungen Kommunikationsaufwand Kommunikationsperformance Sozialer Kommunikationseinfluss intervenierende Variable: Kommunikationsfähigkeit von Robotern
4 Merkmale	Kommunikationsbedingungen: "facilitating conditions" UTAUT-Modell Kommunikationsaufwand: "effort expectancy" UTAUT-Modell Kommunikationsperformance: "performance expectancy" UTAUT-Modell Sozialer Einfluss: "social influence" UTAUT-Modell Kommunikationsfähigkeit: "Kommunikative Kompetenz" HABERMAS
5 Codierung	Kommunikationsbedingungen: Wissen - Thema - Interesse - Zweck Kommunikationsaufwand: Aufwendung - Bemühen - Aufwand Kommunikationsperformance: Effizienz - Unterstützung - Nutzen Sozialer Einfluss: Beruf - Familie - Umfeld Kommunikationsfähigkeit: ActroidDER-2 vs. Leonardo (tierähnlich)

Abbildung 10: Untersuchungsdesign

5 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die zentralen Forschungsergebnisse der experimentellen Onlinebefragung, die im Dezember 2009 durchgeführt wurde, vorgestellt. Ziel der Untersuchung war, die Gesprächsakzeptanz von kommunikationsfähigen Robotern anhand des adaptierten UTAUT-Modells von VENKATESH (Vgl. Kapitel 3) zu messen. Die folgende Darstellung soll die Zuweisung der Probanden in die zwei unabhängigen Stichproben – Actroid und Leonardo – veranschaulichen.

5.1 Soziodemographie

Insgesamt nahmen 783 StudentInnen von Wiener Universitäten und Fachhochschulen an der Onlinebefragung im Dezember 2009 teil. Diese wurden per Emailverteiler der Institute erreicht und jeweils per Zufallstrigger in zwei unterschiedlich manipulierte Stichproben eingeteilt. 403 StudentInnen (51,5 %) wurden der Actroid-Experimentalgruppe (kommunikationsfähiger Roboter), 380 StudentInnen (48,5 %) der Leonardo-Kontrollgruppe zugewiesen (nicht kommunikationsfähiger Roboter).

5.1.1 Geschlecht

In der Experimentalgruppe nahmen 283 weibliche und 120 männliche, in der Kontrollgruppe 253 weibliche und 127 männliche Studenten teil. Beide Gruppen wiesen eine überdurchschnittlich hohe Frauenquote aus, wobei in der Experimentalgruppe die Frauenquote etwas höher war als in der Kontrollgruppe (EG 70,2 % vs. KG 66,6 % Frauen). Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests für die zwei nicht normal verteilten Stichproben konnte nachgewiesen werden, dass die Verteilung des Geschlechts in beiden Gruppen gleich war ($Z: 0,510$). Die folgende Graphik soll die Geschlechterverteilung in den zwei Stichproben veranschaulichen.

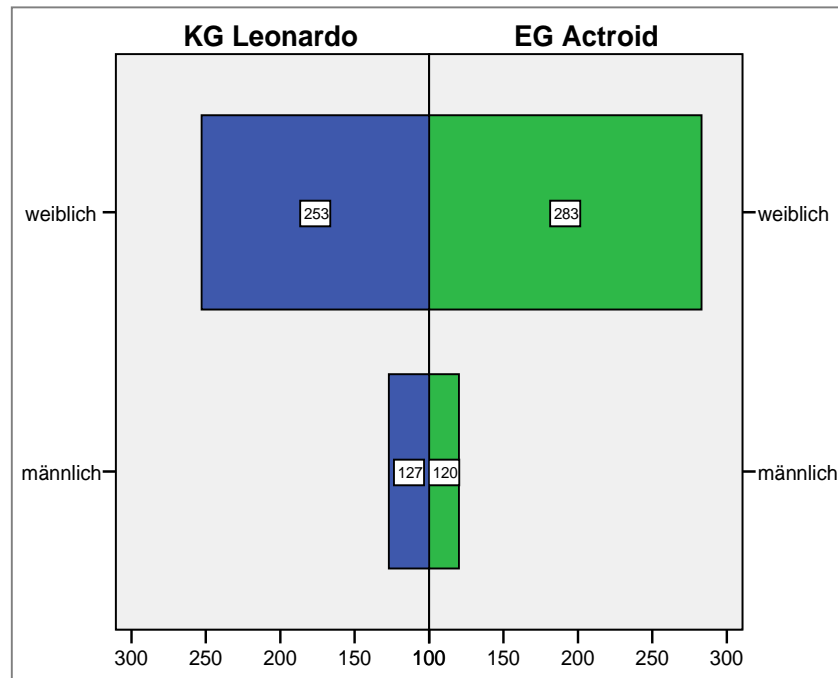


Abbildung 11: Geschlechtsverteilung nach Stichprobe

5.1.2 Alter

Das Durchschnittsalter der Befragten betrug in beiden Gruppen 25,6 Jahre. Das Mindestalter der Umfrageteilnehmer lag bei 17 Jahren, das Höchstalter bei 72 Jahren. Der Großteil der Befragten war 20 Jahre alt. Der Median befand sich bei 24 Jahren. Sowohl der U-Test als auch der K-S-Test bestätigten, dass die zwei Gruppen dieselbe Verteilung aufwiesen. Demzufolge kann der Rückschluss gezogen werden, dass die zwei Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammten. Die folgende Grafik soll die Altersverteilung in den zwei Stichproben veranschaulichen.

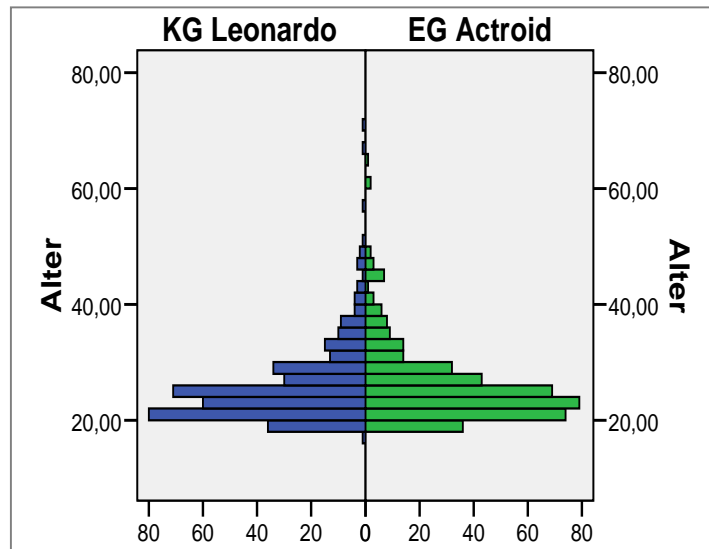


Abbildung 12: Altersverteilung Gesamt

5.1.3 Bildung

64,4 % der Befragten wies zur Zeit der Umfrage die Matura als höchste abgeschlossene Bildung auf. 34,4 % der Befragten verfügten über ein abgeschlossenes Studium und befand sich im Aufbaustudium. Sechs der Befragten gaben eine Lehre, und zwei die Grundschule als höchsten Bildungsstand an. Der Rest, der sich zurzeit nicht in einem Studium befand, wurde aus der Umfrage ausgeschlossen. Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests konnte nachgewiesen werden, dass die Bildung in beiden Stichproben gleich verteilt war und somit die Wahrscheinlichkeitsverteilungen in beiden Gruppen übereinstimmten. Der Levene-Test gab Aufschluss darüber, dass auch die Varianzen in beiden Gruppen gleich waren. Und der T-Test zeigte auf, dass die Mittelwerte in beiden Gruppen gleich waren. Basierend auf den drei statistischen Tests konnte der Rückschluss gezogen werden, dass die zwei Stichproben aus einer Grundgesamtheit gezogen wurden. Die folgende Grafik soll die Bildungsverteilung in den zwei Gruppen veranschaulichen.

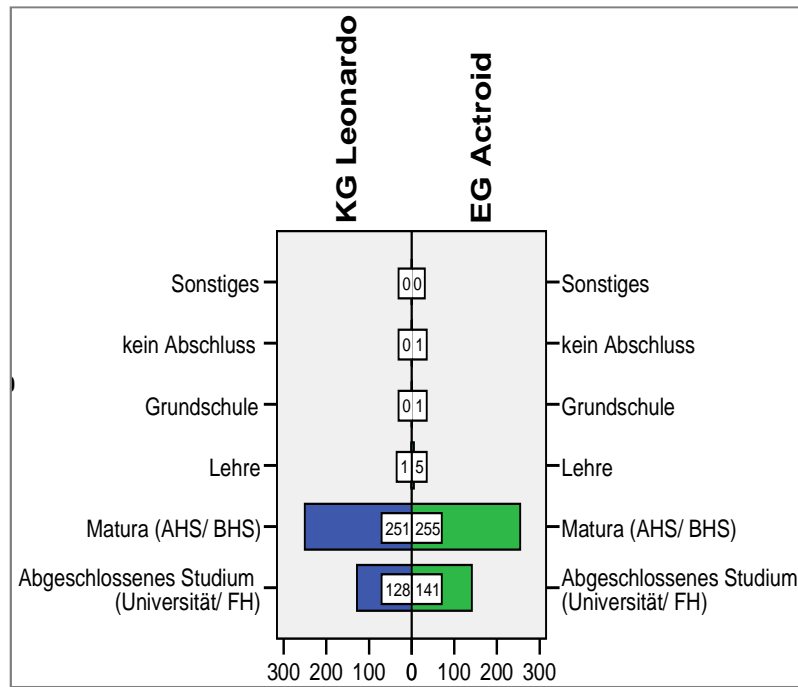


Abbildung 13: Bildung Gesamt

5.1.4 Beruf

Der Berufsstand der Befragten wurde in zwei endgültige Berufsklassen eingeteilt: nicht berufstätige/r und berufstätige/r StudentIn. Nicht-StudentInnen wurden aus der Studie ausgeschlossen. Dadurch sollte die Repräsentativität der Stichprobe gewährleistet werden. 59,8 % der 783 StudentInnen waren berufstätig, 40,2 % nicht berufstätig. In der Actroid-Gruppe war der Anteil der berufstätigen StudentInnen leicht höher als in der Leonardo-Gruppe (EG 60,8 % vs. KG 58,7 %). Der nicht-parametrische K-S-Test für die zwei Stichproben ergab, dass es keine signifikanten Verteilungsunterschiede zwischen den Gruppen gab. Weiters konnte statistisch nachgewiesen werden, dass sowohl die Varianzen, als auch die Mittelwerte in beiden Gruppen gleich waren. Somit konnte auch hier anhand der Tests bestätigt werden, dass die zwei Stichproben aus derselben Grundgesamtheit gezogen wurden. Die folgende Grafik soll die Berufsverteilung in den zwei Gruppen veranschaulichen.

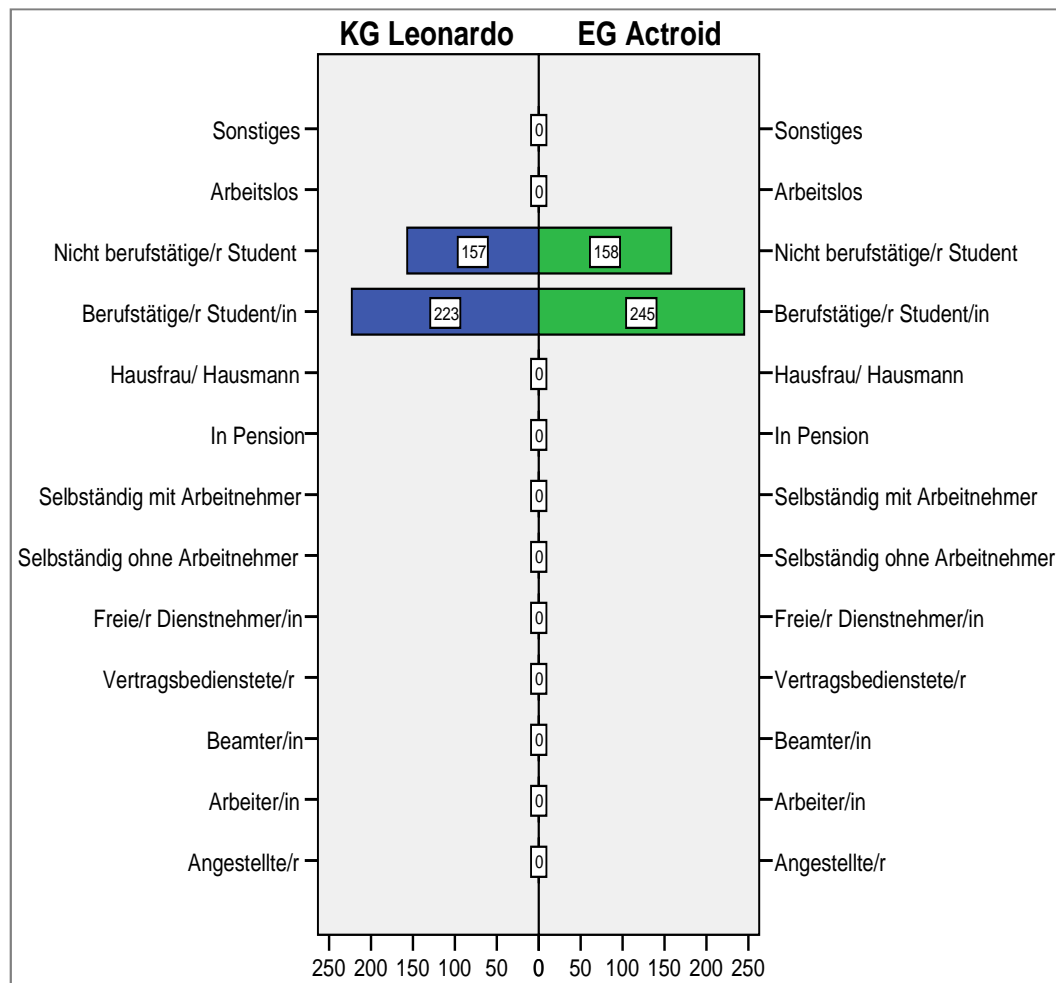


Abbildung 14: Berufsverteilung Gesamt

5.1.5 Roboternutzung

Die Frage nach der Roboternutzung wurde nach dem Umfragende neben den Antwortmöglichkeiten „Nein“ oder „Ja“ durch eine weitere Antwortmöglichkeit ergänzt, nämlich „Ja, falsche Definition“. Eine falsche Definition lag vor, wenn der Name oder Typ des Roboters keinem Roboter nach wissenschaftlicher Definition (siehe Kapitel 2.1.2) zugeordnet werden konnte, z.B. Computer oder Handy. Dieser Schritt war notwendig, da die Umfrageteilnehmer unter einem Roboter etwas anderes verstanden, als die Wissenschaft theoretisch definiert hat. Diese Tatsache machte deutlich, dass sowohl der Begriff *Roboter* als auch die Anwendungsmöglichkeiten in der Gesellschaft noch weitestgehend fremd sind (mehr dazu im Diskussionskapitel). Die Umfrage ergab folgendes: 97,1 % der 783 Befragten gaben an, dass sie noch nie mit einem Roboter kommuniziert/ interagiert haben. 11 Befragte (1,4 %), 5 aus der Leonardo-Gruppe und 6 aus der Actroid-Gruppe, gaben an, dass sie schon einmal mit einem Roboter interagiert haben und dieser Roboter auch tatsächlich ein Roboter nach wissenschaftlicher Definition war. 12 Umfrageteilnehmer (1,5 %) gaben zwar an, dass sie

schon einmal einen Roboter genutzt haben. Bei der Antwort handelte es sich jedoch nicht um einen Roboter im wissenschaftlich definierten Sinn: genannt wurden Waschmaschine, Herd, Handy, Computer, alltägliche Gegenstände, Sexmaschine, Multi-Media-Geräte und R2D2. Von den 11 richtig genannten Robotern wurden Furby von Tiger Electronics, Lego Mindstorms NXT von Lego, Roomba von iRobot und iCat von Philips genannt. Die Actroid-Gruppe wies eine leicht höhere Falschaussagequote auf als die Leonardo-Gruppe (EG 2 % vs. KG 1,1 %). Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests konnte nachgewiesen werden, dass beide Gruppen die gleiche Verteilung aufzeigten, also rechtsschief, waren (Gesamtschiefe: 6,391). Der Levene-Test zeigte auf, dass sich die Varianzen in den zwei Gruppen signifikant voneinander unterschieden (Signifikanz: 0,029). Der T-Test hinsichtlich der Roboternutzung konnte jedoch in beiden Stichproben gleiche Mittelwerte bestätigen und somit wieder Rückschluss auf die gleiche Grundgesamtheit zulassen. Die folgende Grafik soll die Verteilung der Roboternutzung in den zwei Gruppen veranschaulichen.

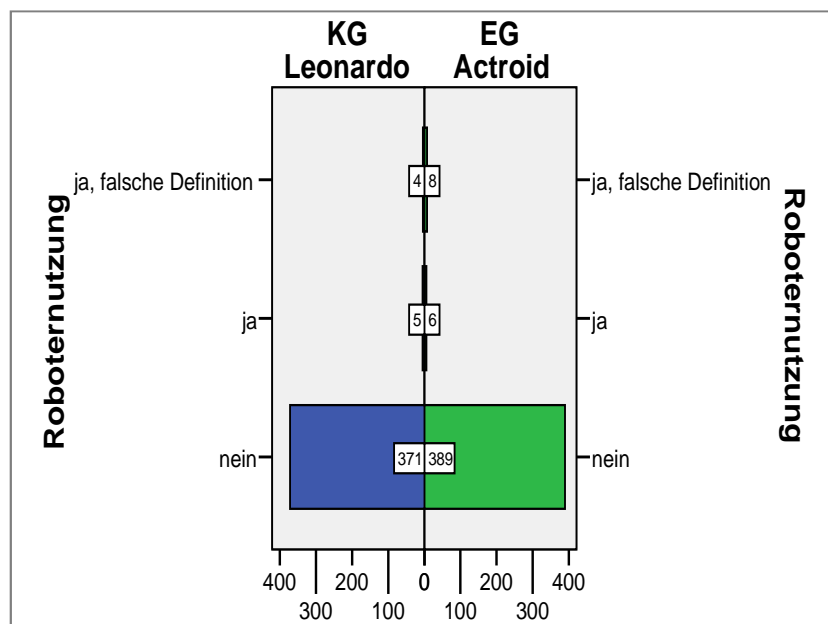


Abbildung 15: Roboternutzung Gesamt

5.1.6 Roboterfahrung

9 der 783 Befragten (1,1 %) gaben an in der Robotikforschung tätig zu sein bzw. im Zuge des Studiums Erfahrung mit Robotern gewonnen zu haben. Dabei wurden die TU Wien, das Institut für Kognitionswissenschaft und Vision For Robotics genannt. In der Leonardo-Gruppe konnte eine leicht höhere Robotererfahrungsquote festgestellt werden. Die Varianzen waren in den beiden Gruppen nicht gleich, die Mittelwerte und die Verteilung der Werte jedoch schon. Daraus konnte wieder der Rückschluss gezogen werden, dass die Stichproben aus der gleichen

Grundgesamtheit stammten. Die folgende Grafik soll die Robotererfahrung in den beiden Gruppen veranschaulichen.

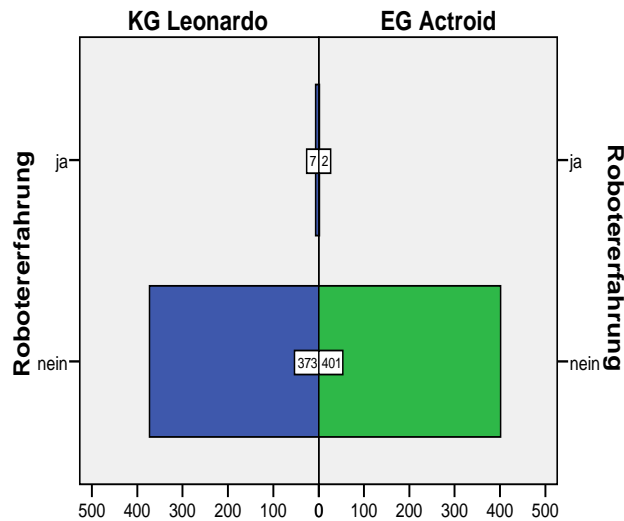


Abbildung 16: Robotererfahrung Gesamt

5.2 Kommunikationsbereitschaft

Um den Einfluss von *Menschenähnlichkeit* von Robotern auf die *Kommunikationsbereitschaft* zu messen, wurden einleitend in jeweils fünf randomisierten Frageblöcken zwei Roboter – ein maschinenähnlicher und ein menschenähnlicher Roboter – gegenüber gestellt. Die Befragten sollten entscheiden, mit welchem der beiden Roboter sie am ehesten kommunizieren würden. Anschließend wurde der auserwählte Roboter anhand der adaptierten Bartneck-Skala¹⁷⁷ hinsichtlich Menschenähnlichkeit, Kommunikationsfähigkeit, Sympathie, Intelligenz und Friedlichkeit bewertet. Die höchste *Kommunikationsbereitschaft* (73,9 % der 783 Befragten) erreichte der maschinenähnliche, männliche Roboter Nao im Rennen gegen den menschenähnlichen, männlichen Roboter Geminoid. Die geringste Kommunikationsbereitschaft (26,1 %) löste somit der menschenähnliche, männliche Roboter Geminoid im Rennen gegen Nao aus. Ebenfalls eine hohe Kommunikationsbereitschaft erzielten der menschenähnliche, weibliche Roboter Actroid (61,6 %) im Rennen gegen den tierähnlichen Roboter Leonardo (38,4 %), der menschenähnliche, weibliche Roboter Hrp4C (61,4 %) in Konkurrenz zum maschinenähnlichen, weiblichen Roboter Nexi (38,6 %) und der ebenfalls menschenähnliche, weibliche Roboter ReplieeQ (58,4 %), der sich gegen den maschinenähnlichen Roboter Autom (41,6 %) durchsetzte. Der maschinenähnliche Roboterhund Aibo (51,2 %) konnte sich als Spezialfall gegen den menschenähnlichen,

¹⁷⁷ Vgl. Bartneck (2008)

weiblichen Roboter EveR (48,8 %) durchsetzen und somit eine höhere Kommunikationsbereitschaft bei den Befragten auslösen. Die folgende Grafik soll das Roboterranking von der größten bis zur niedrigsten Kommunikationsbereitschaft veranschaulichen.





















Rang	Prozent			Bewertung Ges.	Sympathie	Aussehen	Kommunik.	Intelligenz	
1.	73,9%		vs.		4,19 vs. 3,95	4,42 vs. 3,33	1,82 vs. 5,61	3,74 vs. 3,87	3,89 vs. 4,95
2.	61,6%		vs.		5,10 vs. 4,50	5,00 vs. 4,89	5,54 vs. 3,24	5,48 vs. 3,76	4,57 vs. 4,04
3.	61,4%		vs.		5,15 vs. 4,93	5,28 vs. 5,00	5,80 vs. 2,83	4,79 vs. 4,94	4,94 vs. 4,57
4.	58,4%		vs.		5,04 vs. 4,55	4,88 vs. 4,83	5,65 vs. 2,00	5,02 vs. 3,74	4,90 vs. 4,36
5.	51,2%		vs.		4,84 vs. 4,92	5,51 vs. 4,79	1,74 vs. 5,90	4,10 vs. 4,97	4,06 vs. 5,07
6.	48,8%		vs.		4,92 vs. 4,84	4,79 vs. 5,51	5,90 vs. 1,74	4,97 vs. 4,10	5,07 vs. 4,06
7.	41,6%		vs.		4,55 vs. 5,04	5,00 vs. 4,88	2,00 vs. 5,65	3,74 vs. 5,02	4,36 vs. 4,90
8.	38,6%		vs.		4,93 vs. 5,15	4,83 vs. 5,28	2,83 vs. 5,80	4,94 vs. 4,79	4,57 vs. 4,94
9.	38,4%		vs.		4,50 vs. 5,10	4,89 vs. 5,00	3,24 vs. 5,54	3,76 vs. 4,48	4,04 vs. 4,57
10.	26,1%		vs.		3,95 vs. 4,19	3,33 vs. 4,42	5,61 vs. 1,82	3,87 vs. 3,74	4,95 vs. 3,89

Abbildung 17: Roboterranking Kommunikationsbereitschaft

Aus der obigen Abbildung wird ersichtlich, dass nur die Variable Sympathie in allen fünf Fällen die Kommunikationsbereitschaft der 783 Befragten begünstigte. Die menschenähnlichen Roboter wurden zwar intelligenter und kommunikativer (Ausnahme: Nexi) eingestuft, Intelligenz und Kommunikationsvermögen allein beeinflussten die

Kommunikationsbereitschaft der Umfrageteilnehmer jedoch nicht. In drei von fünf Fällen wurden menschenähnliche Roboter sympathischer empfunden als maschinenähnliche. Ein Fall konnte statistisch gesehen als Ausreißer betrachtet werden, denn der maschinenähnliche Roboter Nao konnte bloß auf Grund der geringen Sympathiewerte des menschenähnlichen, männlichen Roboters Geminoid die eindeutigste Kommunikationsbereitschaft auslösen. Gesamt betrachtet erreichte Nao die schlechtesten Werte – sowohl in der Sympathie, als auch in der Kommunikationsfähigkeit und Intelligenz.

5.2.1 ReplieeQ vs. Autom

457 der insgesamt 783 Befragten (58,4 %) gaben an, eher mit dem menschenähnlichen Roboter ReplieeQ als mit dem maschinenähnlichen Roboter Autom (41,6 %) kommunizieren zu wollen. Dabei war der Anteil der ReplieeQ-Anhänger in der Leonardo-Kontrollgruppe leicht höher als in der Actroid-Experimentalgruppe (KG 59,2 % vs. EG 57,6 %). Und der Anteil der Autom-Anhänger in der Actroid-Gruppe leicht höher als in der Leonardo-Gruppe (KG 40,8 % vs. 42,4 %). Der Kolmogorov-Smirnov-Test verifiziert, dass beide Stichproben dieselbe Verteilung aufwiesen und somit keine Gruppenunterschiede in der Roboterauswahl festgestellt werden konnten. Es konnten keine Geschlechtsunterschiede aufgedeckt werden. Allerdings konnte beobachtet werden, dass sowohl die Roboternutzung als auch die Robotererfahrung Einfluss auf die Roboterauswahl hatten (U-Test Signifikanz: 0,038 und 0,027). Die Befragten, die schon einmal einen Roboter benutzt haben und Erfahrung mit Robotern aufweisen konnten, entschieden sich auffällig häufiger für den maschinenähnlichen Roboter Autom (Mittlerer Rang RN 504,36/ RE 533,50). Die Befragten, die noch nie einen Roboter genutzt haben und auch keine Robotererfahrung angaben, entschieden sich hingegen für den menschenähnlichen Roboter ReplieeQ (Mittlerer Rang 384,29).

Somit lässt sich für die Grundgesamt ableiten, dass StudentInnen unabhängig von Geschlecht, Bildung und Beruf aber abhängig von der Robotererfahrung die Kommunikation mit dem menschenähnlichen Roboter ReplieeQ bevorzugen. Die beiden folgenden Grafiken sollen die Kommunikationsentscheidung zwischen ReplieeQ und Autom nach Stichprobe und Geschlecht veranschaulichen.

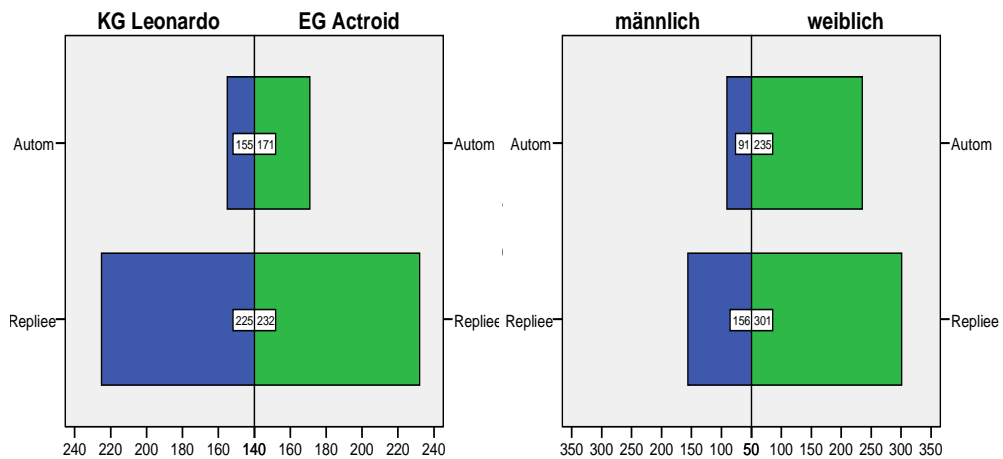


Abbildung 18: Kommunikationsbereitschaft ReplieeQ vs. Autom nach Stichprobe und Geschlecht

5.2.2 EveR-1 vs. Aibo

401 der insgesamt 783 Befragten (51,2 %) gaben an, eher mit dem maschinenähnlichen Tierroboter Aibo als mit dem menschenähnlichen Roboter EveR-1 (48,8 %) kommunizieren zu wollen. Dabei konnte beobachtet werden, dass sich die Befragten in der Leonardo-Kontrollgruppe für die Kommunikation mit dem menschenähnlichen Roboter EveR entschieden (KG 50,3 % vs. EG 47,4 %), während die Actroid-Experimentalgruppe die Kommunikation mit dem maschinenähnlichen Tierroboter Aibo bevorzugte (EG 52,6 % vs. KG 49,7 %). Der Kolmogorov-Smirnov-Test bestätigte jedoch, dass beide Stichproben annähernd dieselbe Verteilung aufwiesen und die Gruppenunterschiede in der Roboterwahl somit nur als zufällig betrachtet werden können. Der T-Test zwischen den zwei Stichproben bezüglich der Roboterwahl zeigte auf, dass sowohl die Varianzen als auch die Mittelwerte in beiden Gruppen homogen waren und somit der Rückschluss auf dieselbe Grundgesamtheit gezogen werden konnte. Es konnten signifikante Geschlechtsunterschiede aufgedeckt werden (T-Test Signifikanz 0,001). Die weiblichen Befragten bevorzugten nämlich die Kommunikation mit dem maschinenähnlichen Tierroboter Aibo stärker als die männlichen Befragten (MWt: 1,55). Und die männlichen Befragten entschieden sich auffällig häufiger für die Kommunikation mit dem menschenähnlichen, weiblichen Roboter EveR-1 (MW: 1,42). Dies erklärte auch, warum der Anteil der Aibo-Anhänger höher in der weiblich dominierten Experimentalgruppe als in der weniger weiblich dominierten Kontrollgruppe war.

Daraus lässt sich für die Grundgesamtheit festhalten, dass sich StudentInnen unabhängig von Bildung und Beruf, aber abhängig vom Geschlecht zwischen Aibo und EveR als Gesprächspartner entscheiden. Die weiblichen Studenten bevorzugten als potentiellen Kommunikationspartner eher den maschinenähnlichen Tierroboter Aibo, die männlichen

Studenten eher den menschenähnlichen, weiblichen Roboter EveR. Die beiden folgenden Grafiken sollen die Kommunikationsentscheidung zwischen ReplieeQ und Autom nach Stichprobe und Geschlecht veranschaulichen.

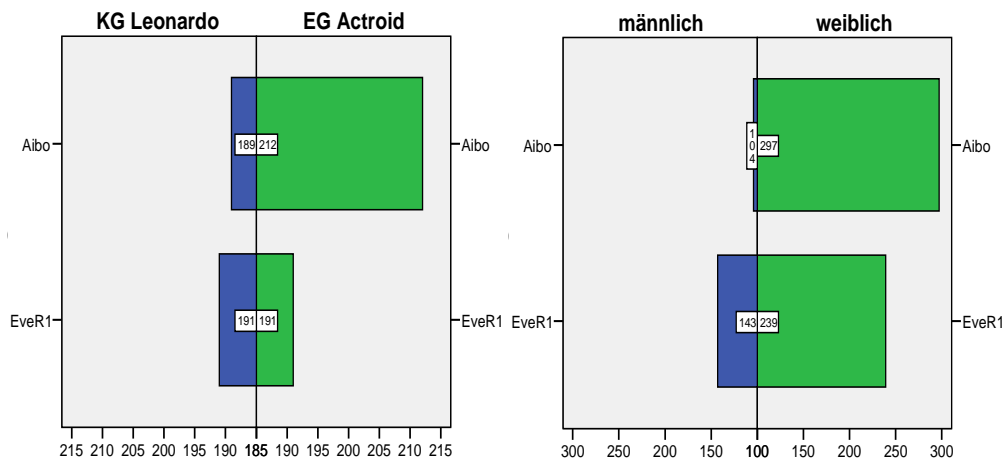


Abbildung 19: Kommunikationsbereitschaft EveR vs Aibo nach Stichprobe und Geschlecht

5.2.3 Hrp4C vs. Nexi

481 der insgesamt 783 Befragten (61,4 %) gaben an, eher mit dem menschenähnlichen, weiblichen Roboter Hrp4c als mit dem maschinenähnlichen, weiblichen Roboter Nexi (37,4 %) kommunizieren zu wollen. Die kommunikative Bevorzugung von Hrp4c konnte in beiden Gruppen festgestellt werden, wobei diese in der Kontrollgruppe etwas stärker ausgeprägt war als in der Experimentalgruppe (KG 62,6 % vs. EG 60,3 %). Es konnten bei vorhandener Varianzheterogenität signifikante Geschlechtsunterschiede aufgedeckt werden (T-Test Signifikanz 0,022). Die weiblichen Befragten bevorzugten nämlich die Kommunikation mit dem maschinenähnlichen Roboter Nexi stärker als die männlichen Befragten (Mittelwert: 1,41). Und die männlichen Befragten entschieden sich auffällig häufiger für die Kommunikation mit dem menschenähnlichen, weiblichen Roboter Hrp4c (Mittelwert: 1,33). Aus diesen Ergebnissen lässt sich für die Grundgesamtheit ableiten, dass sich StudentInnen unabhängig von Bildung und Beruf, aber abhängig vom Geschlecht zwischen Hrp4c und Nexi als Gesprächspartner entscheiden. Die weiblichen Studenten bevorzugten als potentiellen Kommunikationspartner eher den maschinenähnlichen weiblichen Roboter Nexi, die männlichen Studenten eher den menschenähnlichen, weiblichen Roboter Hrp4c. Die beiden folgenden Grafiken sollen die Kommunikationsentscheidung zwischen Hrp4c und Nexi nach Stichprobe und Geschlecht veranschaulichen.

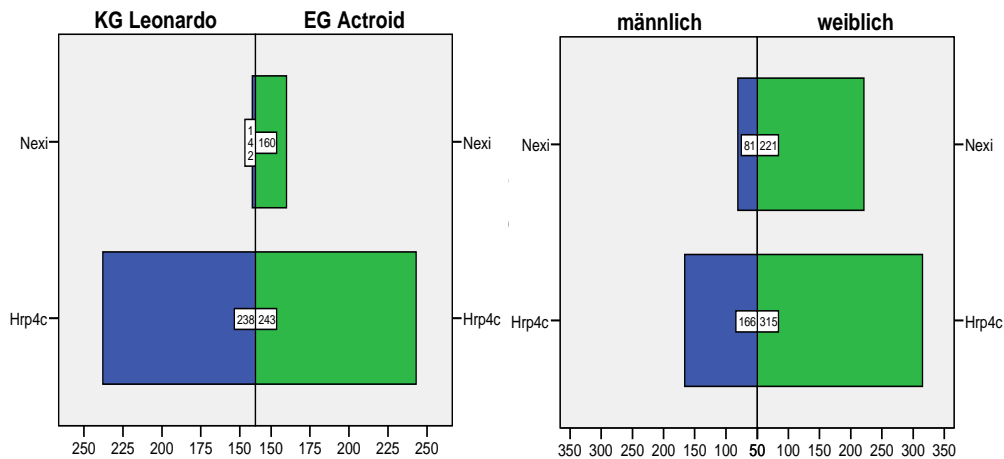


Abbildung 20: Kommunikationsbereitschaft Hrp4c vs Nexi nach Stichprobe und Geschlecht

5.2.4 Geminoid vs. Nao

579 der insgesamt 783 Befragten (73,9 %) gaben an, eher mit dem maschinenähnlichen, männlichen Roboter Nao als mit dem menschenähnlichen, männlichen Roboter Geminoid (26,1 %) kommunizieren zu wollen. Die Bevorzugung von Nao als Gesprächspartner konnte in beiden Gruppen festgestellt werden, wobei diese in der Kontrollgruppe stärker ausgeprägt war als in der Experimentalgruppe (KG 77,9 % vs. EG 70,2 %). Zwischen den Gruppen konnten signifikante Mittelwertunterschiede festgestellt werden (T-Test Signifikanz: 0,014). Die Kontrollgruppe (Mittelwert: 1,78) bevorzugte Nao also nicht zufällig auffällig stärker die Experimentalgruppe (Mittelwert: 1,70). Es konnten desweiteren bei vorhandener Varianzheterogenität signifikante Geschlechtsunterschiede aufgedeckt werden (T-Test Signifikanz 0,000). Die weiblichen Befragten bevorzugten nämlich die Kommunikation mit dem maschinenähnlichen Roboter Nao stärker als die männlichen Befragten (Mittelwert Frauen: 1,78 vs. Mittelwert Männer: 1,65). Besonders auffallend mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 3,5 % war, dass die männlichen Befragten in der Experimentalgruppe generell die höchste Kommunikationsbereitschaft mit Geminoid aufwiesen und deutlich stärker Geminoid als Gesprächspartner bevorzugten als die männlichen Befragten in der Kontrollgruppe (EG 43,3 % vs. KG 27,6 %). Weiters fiel auf, dass die weiblichen Studienteilnehmer aus der Kontrollgruppe die geringste Kommunikationsbereitschaft mit Geminoid aufwiesen (KG 19,4 % vs. EG 24,0 %). Aus diesen Ergebnissen lässt sich für die Grundgesamtheit ableiten, dass sich StudentInnen unabhängig von Bildung und Beruf, aber abhängig vom Geschlecht zwischen Geminoid und Nao als Gesprächspartner entscheiden. Der Roboter Geminoid kommt zwischen und innerhalb der Geschlechter unterschiedlich an. Die weiblichen Studenten bevorzugten als potentiellen Kommunikationspartner eher den maschinenähnlichen männlichen Roboter Nao. Die

männlichen Studenten bevorzugen zwar auch Nao, sind aber noch am ehesten als die weiblichen Studenten bereit mit Geminoid zu kommunizieren. Die folgenden beiden Grafiken sollen die Kommunikationsentscheidung zwischen Geminoid und Nao in den beiden Stichproben und nach Geschlecht veranschaulichen.

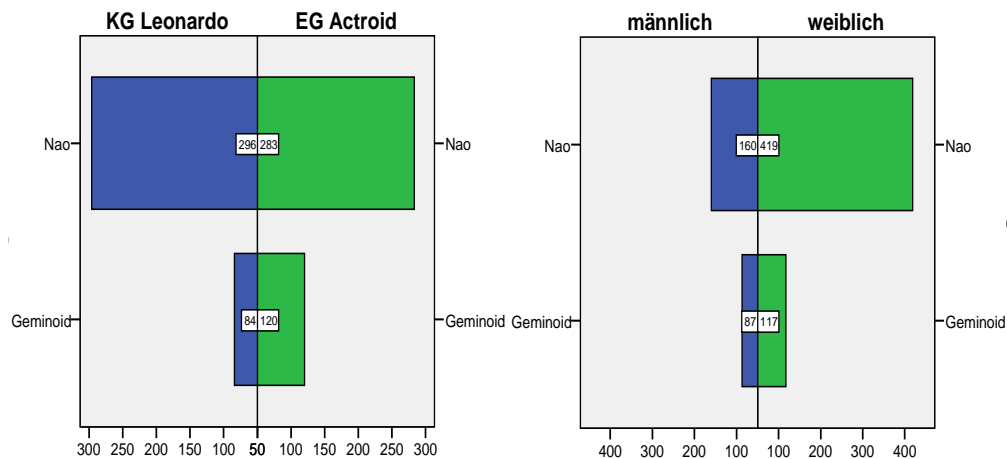


Abbildung 21: Kommunikationsbereitschaft Geminoid vs Nao nach Stichprobe und Geschlecht

5.2.5 Actroid-DER2 vs. Leonardo

482 der insgesamt 783 Befragten (61,6 %) gaben an, eher mit dem menschenähnlichen, weiblichen Roboter Actroid-DER2 als mit dem maschinenähnlichen Tierroboter Leonardo (38,4 %) kommunizieren zu wollen. Die Bevorzugung von Actroid als Gesprächspartner konnte in beiden Gruppen festgestellt werden, wobei diese in der Experimentalgruppe etwas stärker ausgeprägt war als in der Kontrollgruppe (KG 61,8 % vs. EG 61,3 %). In der kommunikativen Bevorzugung des Roboters Actroid konnten eindeutige Geschlechtsunterschiede festgestellt werden. Da der F-Test keine homogenen Varianzen und der Kolmogorov-Smirnov-Test keine Gleichverteilung für die beiden Geschlechtsgruppen ausweisen konnte, wurde der T-Test abgewiesen und der nichtparametrische Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dieser konnte bestätigen, dass sich die weiblichen Befragten im Schnitt für den maschinenähnlichen Roboter Leonardo, die männlichen Befragten jedoch für den menschenähnlichen Roboter Actroid als Gesprächspartner entschieden (Mittlerer Rang Männer 338,19 vs. Mittlerer Rang Frauen 416,80). Um die Geschlechtsunterschiede in den einzelnen Gruppen zu vergleichen, wurde eine Kreuztabelle erstellt (Signifikanz Männer: 0,035). Besonders auffallend war, dass die männlichen Befragten in der Experimentalgruppe die höchste Kommunikationsbereitschaft mit Actroid (EG Männer 80,8 % vs. KG Männer 70,1 %) und die niedrigste Kommunikationsbereitschaft mit Leonardo aufwiesen (EG 19,2 % vs. KG 29,9 %). Weiters

auffallend war, dass die weiblichen Studienteilnehmer aus der Experimentalgruppe die höchste Kommunikationsbereitschaft gegenüber Leonardo aufwiesen (EG 46,3 % vs. KG 43,1 %).

Aus diesen Ergebnissen lässt sich für die Grundgesamtheit ableiten, dass sich StudentInnen unabhängig von Bildung und Beruf, aber abhängig vom Geschlecht zwischen Actroid und Leonardo als Gesprächspartner entscheiden. Sowohl die weiblichen als auch die männlichen Studenten bevorzugten als potentiellen Kommunikationspartner den menschenähnlichen weiblichen Roboter Actroid. Die männlichen Studenten favorisieren diesen jedoch auffallend stärker als die weiblichen. Die folgenden beiden Grafiken sollen die Kommunikationsentscheidung zwischen Actroid und Leonardo nach Stichproben und Geschlecht veranschaulichen.

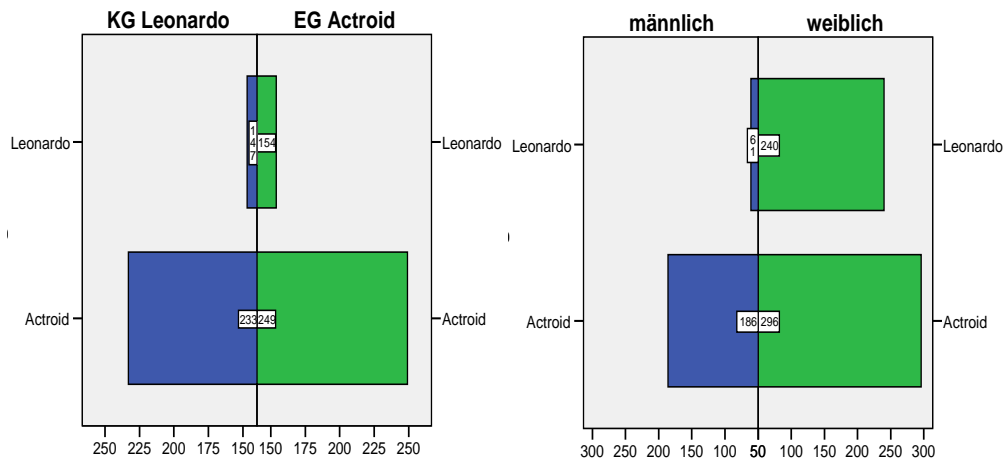


Abbildung 22: Kommunikationsbereitschaft Actroid vs Leonardo nach Stichprobe und Geschlecht

5.3 Hypothesenprüfung

Im folgenden Kapitel sollen die Anwendung von Hypothesentest sowie die Ergebnisse der Hypothesenprüfung vorgestellt und das im Kapitel 4 entwickelte Hypothesenmodell, basierend auf den neuen Erkenntnissen, korrigiert werden. Folgende Schritte wurden im Zuge der Hypothesenprüfung durchgeführt: Zuerst wurden die Null- und Alternativhypothesen basierend auf den Forschungshypothesen statistisch formuliert. Um die Ergebnisse sinnvoll interpretieren und gewisse aussagekräftigere statistische Tests – nämlich Korrelation und Regression - durchführen zu können, wurden die in der Befragung aufgestellten Ratingskalen intervallskaliert. Das Signifikanzniveau, also die obere Grenze für die Signifikanz, wurde für die folgenden Tests auf 5 % festgelegt. Anschließend wurden die Voraussetzungen –

Normalverteilung, Gleichverteilung und Varianzhomogenität der Variablen - für die Anwendung von passenden statistischen Hypothesentests geprüft.

Um die Trennschärfe der festgelegten Items zu berechnen und somit die Zuverlässigkeit der Skalen sicherstellen zu können, wurde eine *Reliabilitätsanalyse* durchgeführt. Diese ergab für folgende Skalen in beiden Stichproben eine positive Inter-Item-Korrelation ($> 0,8$): Kommunikationsperformance, Kommunikationsaufwand, Sozialer Einfluss, Kommunikationsbedingungen und Roboterwahrnehmung. Die restlichen Skalen wurden durch Eliminieren der folgenden Items zuverlässiger gemacht: aus der Sozialen Distanz-Skala wurde „Vertreibung“ und aus der Kommunikationsabsichtsskala der „Kommunikationswunsch“ ausgeschlossen. Damit konnte sich die Reliabilität auf folgende Cronbach Alpha Werte verbessern: Kommunikationsabsicht von ursprünglich 0,428 (KG: 0,532) auf 0,723 (KG: 0,752), die Soziale Distanz von 0,802 (KG: 0,830) auf 0,817 (KG: 0,854).

Die Untersuchung umfasste *zwei* Stichproben aus einer gleichen Grundgesamtheit ($N=47.550$), nämlich eine Experimental- (Actroid, $n=403$) und eine Kontrollgruppe (Leonardo, $n=380$). Diese waren voneinander *unabhängig*, da erstens eine einmalige Testung von Versuchspersonen stattgefunden hat und zweitens keine direkte Zuordnung von Variablen möglich war.

5.3.1 Kommunikationsbereitschaft (widerlegt)

Die Umfrage ergeben, dass 482 der 783 Befragten (61,6 %) die Kommunikation mit dem menschenähnlichen Roboter Actroid-DER2 bevorzugen. Nur 38,4 % der Befragten entschieden sich für die Kommunikation mit dem Tierroboter Leonardo. Die männlichen Befragten bevorzugten dabei die Kommunikation mit Actroid-DER2 stärker als die weiblichen Befragten (Mittelwerte Männer 1,25 vs. Frauen 1,45). Die Pearson-Korrelation (0,192) der Variablen Kommunikationsbereitschaft und Geschlecht war mit einer Irrtums-wahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % signifikant. Die folgende Abbildung soll die Kommunikationsbereitschaft der Befragten nach Geschlecht veranschaulichen.

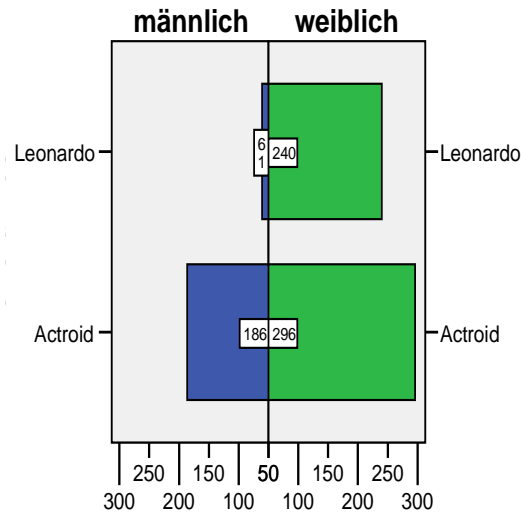


Abbildung 23: Kommunikationsbereitschaft nach Geschlecht

Folgende im Kapitel 3 vorgestellte Forschungshypothese hinsichtlich des Einflusses der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters auf die Kommunikationsbevorzugung soll nun für die Anwendung von statistischen Tests aufbereitet werden:

H_1 Kommunikationsbereitschaft:

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto höher ist die Kommunikationsbereitschaft.

Der Begriff *Kommunikationsfähigkeit* wurde im Kapitel 3 als die Fähigkeit eines verständigungsbereiten Roboters, einen sprachlich einwandfreien Satz hervorbringen und in Realitätsbezüge betten zu können, definiert. Und die Kommunikationsbereitschaft wurde als Verständigungsbereitschaft von Menschen, mit Robotern Informationen teilen zu wollen, definiert. In der Kontrollgruppe wurde deshalb ein nicht kommunikationsfähiger Tierroboter (Leonardo), und in der Experimentalgruppe ein kommunikationsfähiger Roboter (Actroid-DER2) verwendet. Um die obige Forschungshypothese bestätigen zu können, müsste sich die durchschnittliche Kommunikationsbereitschaft in der Experimentalgruppe auf Grund der höheren Kommunikationsfähigkeit des Roboters deutlich von der durchschnittlichen Kommunikationsbereitschaft in der Kontrollgruppe unterscheiden. Die Aufbereitung der Forschungshypothese für statistische Tests führt zu folgenden Null- und Alternativhypothesen:

H_0 : $AV_{\text{Kommunikationsfähigkeit}}$ und $UV_{\text{Kommunikationsbereitschaft}}$ sind stochastisch unabhängig

H_A : $AV_{\text{Kommunikationsfähigkeit}}$ und $UV_{\text{Kommunikationsbereitschaft}}$ sind stochastisch abhängig

Die Nullhypothese nimmt an, dass die beiden Variablen Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsbereitschaft *stochastisch unabhängig* sind. Dies würde bedeuten, dass die Kommunikationsfähigkeit *keinen Einfluss* auf die abhängige Variable Kommunikationsbereitschaft in der Grundgesamtheit hat. Die Prüfgröße, die die Abweichung der Unabhängigkeit misst, ist das X^2 . Die Statistik folgt einer Chi-Quadrat-Verteilung. Die absoluten Häufigkeiten, die unter der Nullhypothese zu erwarten wären, werden mit den beobachteten Häufigkeiten miteinander verglichen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit ist auf 5 % festgelegt. Somit liegt der kritische Wert, der die Chi-Quadrat-Verteilung in einen Ablehnungs- und Annahmehereich unterteilt, bei 3,841. Wird dieser Wert unterschritten, muss die Nullhypothese beibehalten werden.

Die Alternativhypothese nimmt an, dass die beiden Variablen Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsbereitschaft *stochastisch abhängig* sind. Dies würde bedeuten, dass die Kommunikationsfähigkeit *Einfluss* auf die abhängige Variable Kommunikationsbereitschaft hat. Um die Nullhypothese ablehnen und die Alternativhypothese annehmen zu können, müsste der Chi-Quadrat-Test für die Prüfgröße X^2 auf dem Niveau $\alpha=0,05$ signifikante *Unterschiede* ergeben. Der kritische Wert von 3,841 müsste also erreicht oder überschritten werden.

In der Forschungshypothese wurde die Annahme aufgestellt, dass es einen Zusammenhang zwischen der Kommunikationsfähigkeit von Robotern und der Kommunikationsbereitschaft gibt. Es sollte also getestet werden, ob ein kommunikationsfähiger Roboter eine höhere Kommunikationsbereitschaft erzielt als ein nicht kommunikationsfähiger Roboter.

Die Hypothese wurde mit Hilfe des Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstests überprüft. Es zeigte sich, dass die Nullhypothese (kein Zusammenhang zwischen Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsbereitschaft) am 95%-Niveau behalten werden muss. Die Alternativhypothese (stochastischer Zusammenhang) musste mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 47,5 % verworfen werden. Es konnte auch kein Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der Kommunikationsentscheidung

Die Forschungshypothese musste *widerlegt* werden. Es besteht somit *kein Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und der *Kommunikationsbereitschaft* der Befragten.

5.3.2 Kommunikationsbedingungen (teilweise bestätigt)

Insgesamt wurden die Kommunikationsbedingungen von den 783 Befragten auf einer Skala von 1=*sehr schlecht* und 7=*sehr gut* mit einem durchschnittlichen Wert von 3,36 (Standardabweichung 1,78) eher schlecht bewertet. Der Modus lag bei 1 und der Median bei 3. Die männlichen Befragten beurteilten die Kommunikationsbedingungen der Mensch-Roboter-Kommunikation im jeweiligen Spot durchschnittlich besser als die weiblichen Befragten (Mittelwerte Männer 3,60 vs. Frauen 3,25). Die Pearson-Korrelation (-0,085) der Variablen Kommunikationsbedingungen und Geschlecht war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1,7 % signifikant. Die folgende Abbildung soll die von den StudentInnen wahrgenommenen Kommunikationsbedingungen der beiden Roboter Actroid und Leonardo in den unterschiedlichen Kommunikationssituationen mit Menschen nach Geschlecht veranschaulichen.

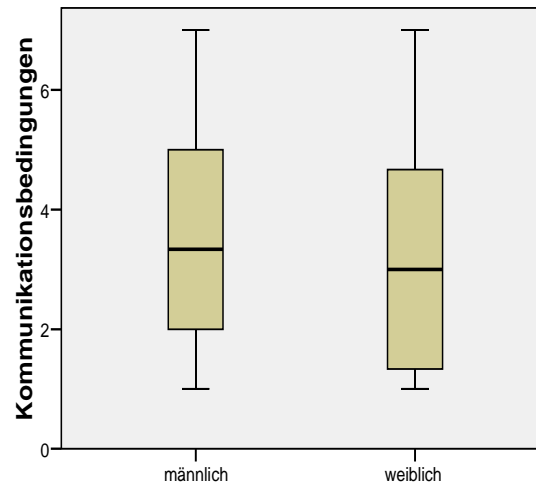


Abbildung 24: Kommunikationsbedingungen Gesamt nach Geschlecht

Folgende im Kapitel 3.2 vorgestellte Forschungshypothese hinsichtlich des Einflusses der Kommunikationsfähigkeit von Robotern auf die Beurteilung von Kommunikationsbedingungen, soll nun für die Anwendung von statistischen Tests aufbereitet werden:

H_2 Kommunikationsbedingungen:

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto besser sind die Kommunikationsbedingungen.

Der Begriff *Kommunikationsbedingungen* wurde im Kapitel 3.2 anhand der Items „Wissen“, „gemeinsames Thema“, „Interesse“ und „Zwecke“ gemessen und als Faktor betrachtet, der eine Kommunikation erst ermöglicht bzw. erleichtert. In der Kontrollgruppe wurde ein *nicht*

kommunikationsfähiger Tierroboter (Leonardo), und in der Experimentalgruppe ein *kommunikationsfähiger* Roboter (Actroid-DER2) verwendet. Um die obige Forschungshypothese bestätigen zu können, müssten sich erstens, *Gruppenunterschiede* hinsichtlich der Bewertung der Kommunikationsbedingungen ergeben. Zweitens, ein *linearer* Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Kommunikationsbedingungen ergeben. Und drittens, die Stärke des Zusammenhangs der beiden Variablen auf Grund der unterschiedlichen Kommunikationsfähigkeit der Roboter in beiden Gruppen variieren. Die Aufbereitung der Forschungshypothese und der obigen Überlegungen führt zur Formulierung folgender Null- und Alternativhypothesen:

$$\begin{aligned}
 H_0: & \quad \mu_{KG} + \mu_{EG} = 0 \text{ (keine Mittelwertsdifferenz; T-Test)} \\
 & \quad KOR(x,y) = 0 \text{ (kein Zusammenhang; Spearman-Test)} \\
 & \quad \beta_{EG} + \beta_{KG} = 0 \text{ (keine Richtung des Zusammenhangs; Lineare Regression)} \\
 H_A: & \quad \mu_{KG} + \mu_{EG} \neq 0 \text{ (Mittelwertsdifferenz; T-Test)} \\
 & \quad KOR(x,y) \neq 0 \text{ (Zusammenhang; Spearman-Test)} \\
 & \quad \beta_{EG} + \beta_{KG} \neq 0 \text{ (Richtung des Zusammenhangs; Lineare Regression)}
 \end{aligned}$$

Die Nullhypothese nimmt an, dass es weder eine Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Gruppen, noch einen linearen Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Kommunikationsbedingungen gibt.

Die Alternativhypothese nimmt im Gegenzug an, dass sowohl die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Gruppen, als auch der lineare Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Kommunikationsbedingungen größer als 0 ist. Dies würde bedeuten, dass es Unterschiede zwischen den beiden Gruppen und dass es einen linearen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen gibt.

Der T-Test für die zwei unabhängigen Gruppen „Actroid“ und „Leonardo“ zur Prüfung von Unterschieden in der zentralen Tendenz hinsichtlich der Bewertung der Kommunikationsbedingungen für eine Mensch-Roboter-Kommunikation, ergab keine auffälligen Mittelwertunterschiede. Der Prüfwert T (-0,217) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, bei 781 Freiheitsgraden eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 82,8 %. Die Nullhypothese musste deshalb beibehalten und die Alternativhypothese verworfen

werden. Es konnten also in beiden Gruppen unabhängig von den beiden unterschiedlich kommunikationsfähigen Robotern *keine* unterschiedlichen Kommunikationsbedingungen (Actroid MW 3,37; SD 1,9 vs. Leonardo MW 3,34; SD 1,96) gemessen werden. Die folgende Abbildung soll die Beurteilung der Kommunikationsbedingungen in den beiden Stichproben veranschaulichen.

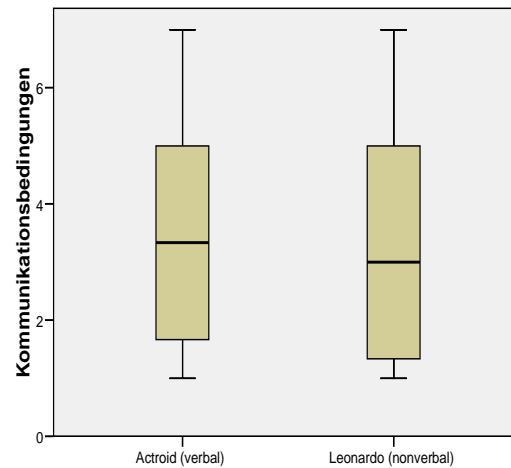


Abbildung 25: Kommunikationsbedingungen von Actroid und Leonardo nach Kommunikationsgrad

Um diese Ergebnisse statistisch abzusichern, wurde die von der Befragten persönliche Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit auf einer siebenstufigen Likertskala herangezogen und mit den Kommunikationsbedingungen geprüft. Es wurde ein T-Test für die zwei aus der siebenstufigen Likertskala abgeleiteten Extremgruppen „1=unkommunikativ“ (43 der 783 Befragten) und „7=kommunikativ“ (119 der 783 Befragten) hinsichtlich der Variable Kommunikationsbedingungen durchgeführt. Der Prüfwert T (-4,090) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, bei 160 Freiheitsgraden eine hoch signifikante Wahrscheinlichkeit von $p < 0,001$ ergeben. Die Nullhypothese konnte zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Es wurden also in den beiden Gruppen (unkommunikativ vs. kommunikativ eingeschätzt) auffällige unterschiedliche Kommunikationsbedingungen festgestellt. Somit konnte nachgewiesen werden, dass ein Roboter, der unkommunikativ eingeschätzt wird, im Durchschnitt schlechtere Kommunikationsbedingungen herstellt als ein Roboter, der kommunikativ eingeschätzt wird (unkommunikativ 2,70 vs. kommunikativ 4,19).

Mit Hilfe des parameterfreien statistischen Kruskal-Wallis-Test sollte die ermittelte Mittelwertdifferenz zwischen der subjektiven Bewertung der Kommunikationsfähigkeit von Robotern und den Kommunikationsbedingungen statistisch abgesichert werden. Dabei wurde die Variable Kommunikationsfähigkeit als Gruppenvariable herangezogen, um die Unterschiede zwischen den sieben Kommunikationsstufen zu vergleichen. Der Prüfwert H hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den sieben Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, bei 6 Freiheitsgraden eine Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % ergeben. Die Nullhypothese konnte zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Es existierten also in den sieben unterschiedlichen Gruppen (unkommunikativ bis kommunikativ) auffällige Unterschiede in der Wahrnehmung der Kommunikationsbedingungen. Somit konnte auch hier nachgewiesen werden, dass mit einem Roboter, der unkommunikativ *eingeschätzt* wird, im Durchschnitt schlechtere Kommunikationsbedingungen herrschen als mit einem Roboter, der kommunikativ eingeschätzt wird (Mittlerer Rang unkommunikativ 300,81 vs. kommunikativ 483,50). Die folgende Abbildung soll den Zusammenhang zwischen dem unterschiedlichen Grad an subjektiv eingeschätzter Kommunikationsfähigkeit von Robotern und den Kommunikationsbedingungen veranschaulichen.

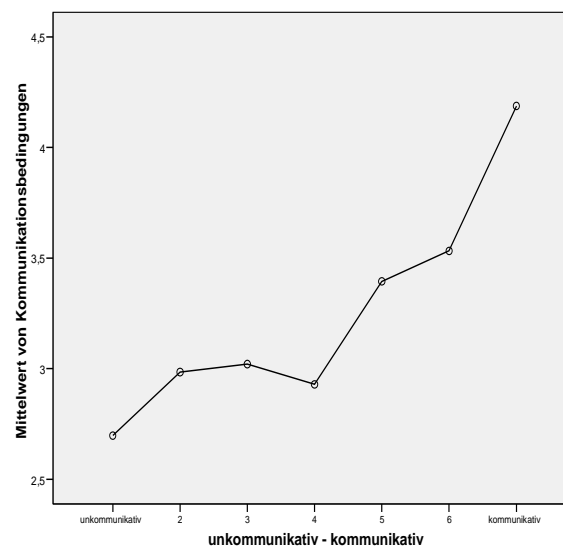


Abbildung 26: Mittelwerte zwischen eingeschätzter Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsbedingungen

Mit Hilfe der *Korrelationsanalyse* sollten der Zusammenhang und die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Variablen *eingeschätzte* Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsbedingungen berechnet werden. Es wurde die Produkt-Moment-Korrelation nach Spearman durchgeführt. Der *schwache* Korrelationskoeffizient von 0,217 hat unter der

Bedingung der Nullhypothese, dass es keinen Zusammenhang zwischen den Variablen gibt, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, eine Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % ergeben. Daher konnte die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Somit konnte nachgewiesen werden, dass es einen *linearen Zusammenhang* zwischen der subjektiven Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der wahrgenommenen Kommunikationsbedingungen gab. Die folgende Abbildung soll den Zusammenhang zwischen der eingeschätzten Kommunikationsfähigkeit von Robotern und den wahrgenommenen Kommunikationsbedingungen anhand eines Streudiagramms veranschaulichen.

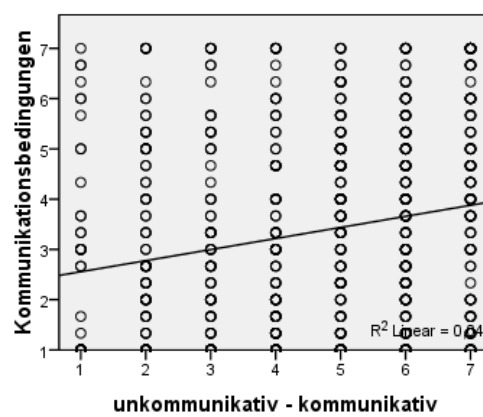


Abbildung 27: Zusammenhang zwischen eingeschätzter Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsbedingungen

Um die Richtung des linearen Zusammenhangs zwischen der unabhängigen intervallskalierten Variable *eingeschätzte Kommunikationsfähigkeit* und der abhängigen intervallskalierten Variable *Kommunikationsbedingungen* feststellen zu können, wurde die bivariate *Regressionsanalyse* durchgeführt. Der positive Regressionskoeffizient β von 0,220 hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass es keinen Zusammenhang zwischen den Variablen gibt, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, eine hoch signifikante Wahrscheinlichkeit von $p < 0,01$ ergeben (galt für 4,1 % der Fälle). Die Nullhypothese konnte auch hier zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Somit konnte nachgewiesen werden, dass es einen *linearen positiven Zusammenhang* zwischen der Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der wahrgenommenen Kommunikationsbedingungen gab.

In der Forschungshypothese wurde die Annahme aufgestellt, dass es einen linearen Zusammenhang zwischen der Kommunikationsfähigkeit von Robotern und den von Befragten

wahrgenommenen Kommunikationsbedingungen gibt. Es sollte also getestet werden, ob ein Roboter, der objektiv betrachtet sprechen kann bzw. subjektiv kommunikativ eingeschätzt wird, bessere oder schlechtere Kommunikationsbedingungen für die Mensch-Roboter-Kommunikation schafft als ein Roboter, der nicht sprechen kann.

Die Hypothese wurde mit Hilfe des T-Tests, Kruskal-Wallis-Tests, Spearman-Korrelationstests und Regressionstests statistisch überprüft.

Es zeigte sich erstens, dass die Nullhypothese „kein Unterschied der Kommunikationsbedingungen zwischen den Gruppen Actroid und Leonardo“ am 95%-Niveau behalten werden musste. Die Alternativhypothese „Gruppenunterschied“ musste wegen einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 47,5 % verworfen werden. Somit konnte der Schluss gezogen werden, dass kommunikationsfähige Roboter im Sinne der aufgestellten Hypothese keine besseren Kommunikationsbedingungen hervorrufen.

Es zeigte sich aber, dass es sehr wohl auffällige Unterschiede zwischen den Gruppen „Roboter wird unkommunikativ eingeschätzt“ und „Roboter wird kommunikativ eingeschätzt“ gibt. Die Nullhypothese „kein Unterschied“ musste hier am 95%-Niveau zugunsten der Alternativhypothese „Unterschied der Kommunikationsbedingungen zwischen den Gruppen kommunikativ und unkommunikativ eingeschätzt“ mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % verworfen werden. Somit konnte nachgewiesen werden, dass es einen schwachen *linearen positiven Zusammenhang* zwischen der Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der wahrgenommenen Kommunikationsbedingungen gab.

Die Forschungshypothese konnte *teilweise bestätigt* werden. Es besteht ein *Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und den *Kommunikationsbedingungen*. Je kommunikationsfähiger ein Roboter **eingeschätzt** wird, desto besser sind die Kommunikationsbedingungen.

5.3.3 Kommunikationsperformance (bestätigt)

Die Kommunikationsperformance des kommunikationsfähigen Roboters Actroid-DER2 wurde auf einer Skala von „1=sehr schlecht“ bis „7=sehr gut“ durchschnittlich mit einem schlechten Wert von 3,01 (SD 1,57) bewertet. Die weiblichen Befragten beurteilen die Roboterperformance mit einem Wert von 2,75 (SD 1,60) im Schnitt etwas besser als die männlichen Befragten (MW 2,65, SD 1,73).

Die Kommunikationsperformance des nicht kommunikationsfähigen Roboters Leonardo wurde, ebenfalls auf einer Skala von „1=sehr schlecht“ bis „7=sehr gut“ mit einem schlechten Wert von 2,72 (SD 1,65) gemessen. Die männlichen Befragten (MW 3,06, SD 1,62) bewerteten die Roboterperformance dabei im Schnitt etwas besser als die weiblichen (MW 2,89, SD 1,55).

Die folgende Abbildung soll die Beurteilung der Kommunikationsperformance nach Stichprobe und Geschlecht veranschaulichen.

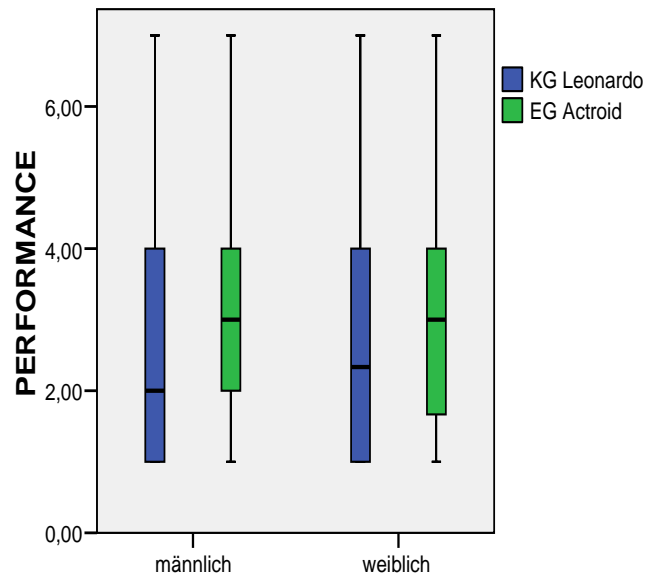


Abbildung 28: Kommunikationsperformance nach Stichprobe und Geschlecht

Folgende im Kapitel 3 vorgestellte Forschungshypothese hinsichtlich des Einflusses der wahrgenommenen Kommunikationsfähigkeit von Robotern auf die Kommunikationsperformance von Robotern wird nun für die Anwendung von Hypothesentests statistisch aufbereitet:

H_3 Kommunikationsperformance

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto besser ist die Kommunikationsperformance.

Der Begriff *Kommunikationsperformance* wurde im Kapitel 3.3 als die Leistungsfähigkeit eines Roboters in einer kommunikativen Handlung definiert und anhand der Items „*die Kommunikation zahlt sich aus*“, „*ist hilfreich*“ und „*ist von Nutzen*“ auf einer siebenstufigen Intervallskala gemessen.

Der Begriff *Kommunikationsfähigkeit* wurde als die Fähigkeit eines verständigungsbereiten Roboters, einen sprachlich einwandfreien Satz hervorbringen und in Realitätsbezüge betten zu

können, definiert. In der Kontrollgruppe wurde deshalb ein *nicht* kommunikationsfähiger Tierroboter (Leonardo), und in der Experimentalgruppe ein kommunikationsfähiger Roboter (Actroid-DER2) verwendet. Um die obige Forschungshypothese bestätigen zu können, müssten sich erstens *Gruppenunterschiede* hinsichtlich der Bewertung der Kommunikationsperformance ergeben. Zweitens, ein *linearer* Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Kommunikationsperformance ergeben. Und drittens, die Stärke des Zusammenhangs der beiden Variablen auf Grund der unterschiedlichen Kommunikationsfähigkeit der Roboter in beiden Gruppen variieren. Die Aufbereitung der Forschungshypothese und der obigen Überlegungen für statistische Tests führt zur Formulierung folgender Null- und Alternativhypothesen:

$$\begin{aligned}
 H_0: \quad & \mu_{KG} + \mu_{EG} = 0 \text{ (keine Mittelwertdifferenz; T-Test)} \\
 & KOR(x,y) = 0 \text{ (kein Zusammenhang; Spearman-Test)} \\
 & \beta_{EG} + \beta_{KG} = 0 \text{ (keine Richtung des Zusammenhangs; Lineare Regression)} \\
 H_A: \quad & \mu_{KG} + \mu_{EG} \neq 0 \text{ (Mittelwertdifferenz; T-Test)} \\
 & KOR(x,y) \neq 0 \text{ (Zusammenhang; Spearman-Test)} \\
 & \beta_{EG} + \beta_{KG} \neq 0 \text{ (Richtung des Zusammenhangs; Lineare Regression)}
 \end{aligned}$$

Die Nullhypothese nimmt an, dass es weder eine Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Gruppen, noch einen linearen Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Kommunikationsperformance gibt.

Die Alternativhypothese nimmt im Gegenzug an, dass sowohl die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Gruppen, als auch der lineare Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Kommunikationsperformance größer als 0 ist.

Um zu ermitteln, ob die *Varianzen* in der Kontroll- und Experimentalgruppe aus einer Grundgesamtheit stammen, also homogen waren, wurde ein F-Test für die Variable Kommunikationsperformance durchgeführt. Dieser konnte für beide Variablen Varianzhomogenität nachweisen.

Der T-Test für die zwei unabhängigen Gruppen „Actroid“ und „Leonardo“ zur Prüfung von Unterschieden in der zentralen Tendenz hinsichtlich der Bewertung der

Kommunikationsbedingungen für eine Mensch-Roboter-Kommunikation, ergab auffällige Mittelwertunterschiede. Der Prüfwert T (-2,469) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, bei 781 Freiheitsgraden eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1,4 %. Da der p -Wert *kleiner* als der α -Wert war, konnte die Nullhypothese (keine Gruppenunterschiede) zugunsten der Alternativhypothese (wesentliche Gruppenunterschiede) verworfen werden. Somit konnte statistisch nachgewiesen werden, dass die Kommunikationsperformance in der Gruppe mit dem kommunikationsfähigen Roboter Actroid wesentlich besser war als in der Gruppe mit dem nicht kommunikationsfähigen Roboter Leonardo (Actroid MW 3,01; SD 1,57 vs. Leonardo MW 2,72; SD 1,65).

Desweiteren wurde die von den Befragten persönliche Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit auf einer siebenstufigen Intervallskala in den Hypothesentest herangezogen. Es wurde ein parameterfreier statistischer Mann-Whitney-Test für die zwei aus der Likertskala abgeleiteten Extremgruppen „1=unkommunikativ“ (43 der 783 Befragten) und „7=kommunikativ“ (119 der 783 Befragten) hinsichtlich der abhängigen Variable Kommunikationsperformance durchgeführt. Der Prüfwert Z (-6,109) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, bei 160 Freiheitsgraden eine Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % ergeben. Da der p -Wert kleiner als der α -Wert war, konnte die Nullhypothese (kein Gruppenunterschied) zugunsten der Alternativhypothese (wesentlicher Gruppenunterschied) mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % verworfen werden. Es konnten also auch in diesen beiden Gruppen (unkommunikativ vs. kommunikativ eingeschätzter Roboter) wesentliche Unterschiede in der Beurteilung der Kommunikationsperformance beobachtet werden. Somit konnte nachgewiesen werden, dass die Kommunikationsperformance eines unkommunikativ eingeschätzten Roboters schlechter bewertet wird als die eines kommunikativ eingeschätzten Roboters (Mittlerer Rang unkommunikativ 44,38 vs. kommunikativ 94,91).

Mit Hilfe des parameterfreien statistischen Kruskal-Wallis-Test sollte die ermittelte Mittelwertdifferenz zwischen der eingeschätzten Kommunikationsfähigkeit von Robotern und der Kommunikationsperformance statistisch abgesichert werden. Dabei wurde die Variable Kommunikationsfähigkeit (Bereich von 1 bis 7) als Gruppenvariable herangezogen, um die Unterschiede zwischen den sieben Kommunikationsstufen zu vergleichen. Der Prüfwert H hat

unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den sieben Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, bei 6 Freiheitsgraden eine hoch signifikante p-Wahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % ergeben. Da der p-Wert kleiner als der α -Wert war, konnte die Nullhypothese (kein Gruppenunterschied) zugunsten der Alternativhypothese (wesentlicher Gruppenunterschied) verworfen werden. Es existierten also in den sieben unterschiedlichen Gruppen (unkommunikativ bis kommunikativ) auffällige Mittelwertunterschiede in der Beurteilung der Kommunikationsperformance. Somit konnte auch hier nachgewiesen werden, dass die Kommunikationsperformance eines unkommunikativ eingeschätzten Roboters im Durchschnitt schlechter war als die eines kommunikativ eingeschätzten Roboters (Mittlere Ränge von unkommunikativ bis kommunikativ: 232,66 – 243,75 – 331,30 – 339,91 – 446,68 – 440,51 – 501,34). Die folgende Abbildung soll den Zusammenhang zwischen dem unterschiedlichen Grad an subjektiv eingeschätzter Kommunikationsfähigkeit von Robotern und den Kommunikationsbedingungen veranschaulichen.

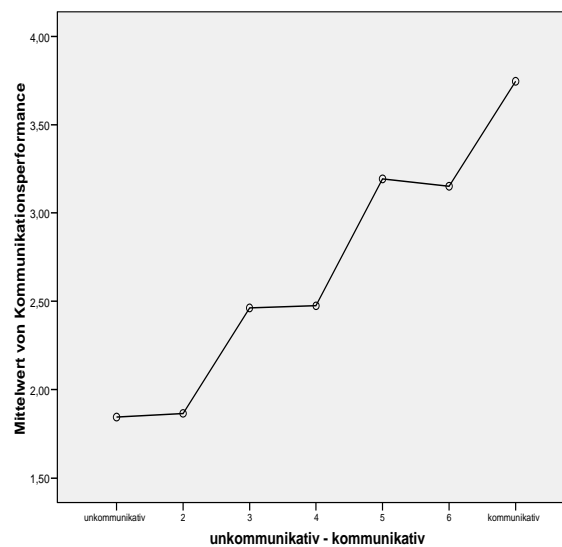


Abbildung 29: Mittelwertdiagramm zwischen eingeschätzter Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsperformance

Mit Hilfe der *Korrelationsanalyse* sollten der Zusammenhang und die Stärke des Zusammenhangs zwischen der unabhängigen Variable *Kommunikationsfähigkeit* und der abhängigen Variable *Kommunikationsperformance* berechnet werden. Die Korrelation wurde mit Hilfe des Produkt-Moment-Korrelationstests durchgeführt. Der Pearson-Korrelationskoeffizient (0,361) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass es keinen Zusammenhang zwischen den Variablen gibt, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, eine

hoch signifikante Wahrscheinlichkeit von $p < 0,01$ ergeben. Die Nullhypothese (kein Zusammenhang) konnte zugunsten der Alternativhypothese (stochastischer Zusammenhang) verworfen werden. Somit konnte nachgewiesen werden, dass es einen *linearen Zusammenhang* zwischen der Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der Beurteilung der Kommunikationsperformance gab. Die folgende Abbildung soll den linearen Zusammenhang zwischen der eingeschätzten Kommunikationsfähigkeit von Robotern und der beurteilten Kommunikationsperformance anhand eines Streudiagramms veranschaulichen.

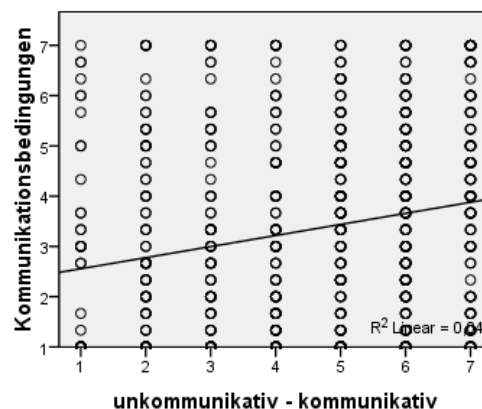


Abbildung 30: Zusammenhang zwischen Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsperformance

Um die Richtung der linearen Zusammenhänge zwischen der unabhängigen intervallskalierten Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen intervallskalierten Variable Kommunikationsbedingungen sowie Unterschiede in den beiden Gruppen feststellen zu können, wurde die bivariate *Regressionsanalyse* durchgeführt. Der positive Regressionskoeffizient β von 0,328 hat unter der Bedingung der Nullhypothese eine Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,01 % ergeben (galt für 13 % der Fälle). Die Nullhypothese konnte deshalb zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Somit konnte nachgewiesen werden, dass die Kommunikationsperformance eines kommunikationsfähig eingeschätzten Roboters positiver beurteilt wird als die eines nicht kommunikationsfähig eingeschätzten Roboters. Die folgende Abbildung soll den Regressionszusammenhang zwischen der Kommunikationsfähigkeit von Robotern und der Beurteilung der Kommunikationsperformance anhand des P-P-Diagramms veranschaulichen.

In der Forschungshypothese wurde die Annahme aufgestellt, dass es einen linearen Zusammenhang zwischen der (Einschätzung der) Kommunikationsfähigkeit von Robotern und

der beurteilten Kommunikationsperformance gibt. Es sollte also getestet werden, ob die Kommunikationsperformance eines kommunikationsfähigen Roboters besser ist als die eines nicht kommunikationsfähigen Roboters

Die Hypothese wurde mit Hilfe des T-Tests, Kruskal-Wallis-Tests, Spearman-Korrelationstests und Regressionstests statistisch überprüft.

Es stellte sich erstens heraus, dass die Nullhypothese (kein Unterschied) zugunsten der Alternativhypothese (wesentlicher Gruppenunterschied in der Beurteilung der Kommunikationsperformance) am 95%-Niveau mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % behalten werden konnte. Es existierte somit ein wesentlicher *Unterschied* zwischen den beiden unterschiedlich kommunikativ manipulierten Gruppen Actroid und Leonardo hinsichtlich der Beurteilung der Kommunikationsperformance der Roboter. Die Kommunikationsperformance des kommunikationsfähigen Roboters wurde wesentlich besser bewertet als die des nicht kommunikationsfähigen Roboters Leonardo.

Desweiteren zeigte sich, dass es auch auffällige Unterschiede zwischen den Gruppen „Roboter wird unkommunikativ eingeschätzt“ und „Roboter wird kommunikativ eingeschätzt“ gibt. Die Nullhypothese „kein Unterschied“ konnte auch hier am 95%-Niveau zugunsten der Alternativhypothese „wesentlicher Unterschied der Kommunikationsperformance zwischen den Gruppen kommunikativ und unkommunikativ“ mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % verworfen werden.

Zudem konnte statistisch nachgewiesen werden, dass die Nullhypothese „kein Zusammenhang“ am 95%-Niveau ebenfalls zugunsten der Alternativhypothese „linearer Zusammenhang zwischen Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsperformance“ mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % verworfen werden musste.

Die Forschungshypothese konnte *bestätigt* werden. Es besteht ein *Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und der Kommunikationsperformance. Je *kommunikationsfähiger* ein Roboter ist, desto besser ist die *Kommunikationsperformance*.

5.3.4 Kommunikationsaufwand (bestätigt)

Der Kommunikationsaufwand des kommunikationsfähigen Roboters Actroid-DER2 wurde auf einer Skala von „1=sehr niedrig“ bis „7=sehr hoch“ durchschnittlich mit einem neutralen Wert von 3,99 (SD 1,62) bewertet. Die männlichen Befragten beurteilten den

Kommunikationsaufwand mit einem Wert von 4,02 (SD 1,62) im Schnitt etwas höher ein als die weiblichen Befragten (MW 3,97, SD 1,62).

Der Kommunikationsaufwand des nicht kommunikationsfähigen Roboters Leonardo, ebenfalls auf einer Skala von „1=sehr schlecht“ bis „7=sehr gut“, wurde durchschnittlich mit einem leicht höheren Wert von 4,64 (SD 1,73) bewertet. Die männlichen Befragten (MW 4,76, SD 1,71) beurteilten den Kommunikationsaufwand dabei im Schnitt etwas höher ein als die weiblichen (MW 4,57, SD 1,75).

Die folgende Abbildung soll die Beurteilung des Kommunikationsaufwandes nach Stichprobe und Geschlecht veranschaulichen.

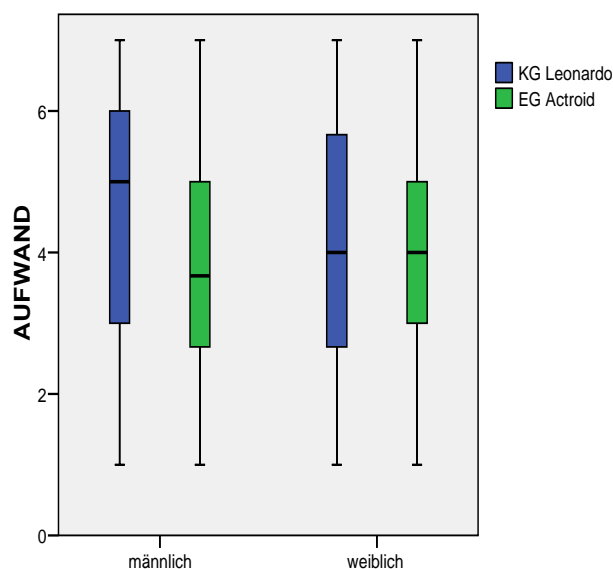


Abbildung 31: Kommunikationsaufwand nach Stichprobe und Geschlecht

Folgende im Kapitel 3 vorgestellte Forschungshypothese hinsichtlich des Einflusses der Kommunikationsfähigkeit von Robotern auf den Kommunikationsaufwand wird nun für die Anwendung von Hypothesentests statistisch aufbereitet:

H_4 Kommunikationsaufwand

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto geringer ist der Kommunikationsaufwand.

Der Begriff *Kommunikationsaufwand* wurde im Kapitel 3.4 anhand der Items „zeitaufwendig“, „mühsam“ und „anstrengend“ operationalisiert. Um die obige Forschungshypothese bestätigen zu können, müssten sich erstens, *Gruppenunterschiede* hinsichtlich der Beurteilung

des Kommunikationsaufwandes ergeben. Zweitens, ein *linearer Zusammenhang* zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Kommunikationsaufwand vorhanden sein. Und drittens, die Stärke des Zusammenhangs der beiden Variablen auf Grund der unterschiedlichen Kommunikationsfähigkeit der Roboter in beiden Gruppen variieren. Die Aufbereitung der Forschungshypothese und der obigen Überlegungen für statistische Tests führte zur Formulierung folgender Null- und Alternativhypothesen:

- H₀: $\mu_{KG} + \mu_{EG} = 0$ (keine Mittelwertdifferenz; T-Test)
 $KOR(x,y) = 0$ (kein Zusammenhang; Spearman-Test)
 $\beta_{EG} + \beta_{KG} = 0$ (keine Richtung des Zusammenhangs; Lineare Regression)
- H_A: $\mu_{KG} + \mu_{EG} \neq 0$ (Mittelwertdifferenz; T-Test)
 $KOR(x,y) \neq 0$ (Zusammenhang; Spearman-Test)
 $\beta_{EG} + \beta_{KG} \neq 0$ (Richtung des Zusammenhangs; Lineare Regression)

Die Nullhypothese nimmt an, dass es weder eine Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Gruppen, noch einen linearen Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable *Kommunikationsfähigkeit* und der abhängigen Variable *Kommunikationsaufwand* gibt.

Die Alternativhypothese nimmt im Gegenzug an, dass sowohl die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Gruppen, als auch der lineare Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable *Kommunikationsfähigkeit* und der abhängigen Variable *Kommunikationsaufwand* größer als 0 ist.

Um zu ermitteln, ob die *Varianzen* in der Kontroll- und Experimentalgruppe aus einer Grundgesamtheit stammen, also homogen waren, wurde ein F-Test für die Variable Kommunikationseinschätzung und Kommunikationsaufwand durchgeführt. Dieser konnte für beide Variablen keine Varianzhomogenität nachweisen ($F=13,869$, $p<0,01$). Deshalb wurde in der Folge kein T-Test sondern der nichtparametrische statistische Mann-Whitney-Test durchgeführt.

Um zu überprüfen, ob sich die Mittelwerte der beiden Gruppenverteilungen unterschieden, wurde der Mann-Whitney-U-Test für die zwei unabhängigen Gruppen „Actroid“ und „Leonardo“ umgesetzt. Dieser ergab wesentliche Mittelwertunterschiede. Der Prüfwert Z (-2,266) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den

Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,3 %. Die Nullhypothese (keine Gruppenunterschiede) konnte zugunsten der Alternativhypothese (wesentliche Gruppenunterschiede) verworfen werden. Somit konnte statistisch nachgewiesen werden, dass der Kommunikationsaufwand auf einer Skala von 1=sehr gering bis 7=sehr hoch in der Gruppe mit dem verbal manipulierten Roboter Actroid wesentlich *geringer* bewertet wurde, als in der Gruppe mit dem nonverbal manipulierten Roboter Leonardo (Mittlere Ränge Actroid 374,27 vs. Leonardo 410,81).

Desweiteren wurde die von den Befragten persönliche Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit auf einer siebenstufigen Likertskala in den Hypothesentest herangezogen. Es wurde ein parameterfreier statistischer Mann-Whitney-U-Test für die zwei aus der Likertskala abgeleiteten Extremgruppen „1=unkommunikativ“ (43 der 783 Befragten) und „7=kommunikativ“ (119 der 783 Befragten) hinsichtlich der abhängigen Variable Kommunikationsaufwand durchgeführt, da die Varianzen heterogen waren. Der Prüfwert Z (-2,620) hat unter der Bedingung der Nullhypothese eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,9 %. Die Nullhypothese (kein Gruppenunterschied) konnte deshalb zugunsten der Alternativhypothese (wesentlicher Gruppenunterschied) mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 0,9 % verworfen werden. Es konnten also auch in diesen beiden Gruppen (unkommunikativ vs. kommunikativ) wesentliche Unterschiede in der Beurteilung des Kommunikationsaufwands beobachtet werden. Somit konnte nachgewiesen werden, dass der Kommunikationsaufwand eines unkommunikativ eingeschätzten Roboters geringer bewertet wird als der eines kommunikativ eingeschätzten Roboters (Mittlerer Rang unkommunikativ 97,49 vs. kommunikativ 75,72).

Mit Hilfe des parameterfreien statistischen Kruskal-Wallis-Test sollte die ermittelte Mittelwertdifferenz zwischen der eingeschätzten Kommunikationsfähigkeit von Robotern und des Kommunikationsaufwands statistisch abgesichert werden. Dabei wurde die Variable Kommunikationsfähigkeit (Bereich von 1=unkommunikativ bis 7=kommunikativ) als Gruppenvariable herangezogen, um die Unterschiede zwischen den sieben Kommunikationsstufen zu vergleichen. Der Prüfwert H (17,989) hat unter der Bedingung der Nullhypothese eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,6 % ergeben. Die Nullhypothese (kein Gruppenunterschied) konnte deshalb zugunsten der Alternativhypothese (wesentlicher Gruppenunterschied) verworfen werden. Es existierten also in den sieben unterschiedlichen Gruppen (unkommunikativ bis kommunikativ) auffällige Unterschiede in der Beurteilung des

Kommunikationsaufwands. Somit konnte auch hier nachgewiesen werden, dass der Kommunikationsaufwand eines unkommunikativ eingeschätzten Roboters im Durchschnitt schlechter bewertet wurde als der eines kommunikativ eingeschätzten Roboters (Mittlere Ränge von unkommunikativ bis kommunikativ: 460,52 – 432,53 – 424,64 – 418,46 – 373,94 – 373,95 – 342,27). Die folgende Abbildung soll den Zusammenhang zwischen eingeschätzter Kommunikationsfähigkeit von Robotern und der Beurteilung des Kommunikationsaufwands veranschaulichen.

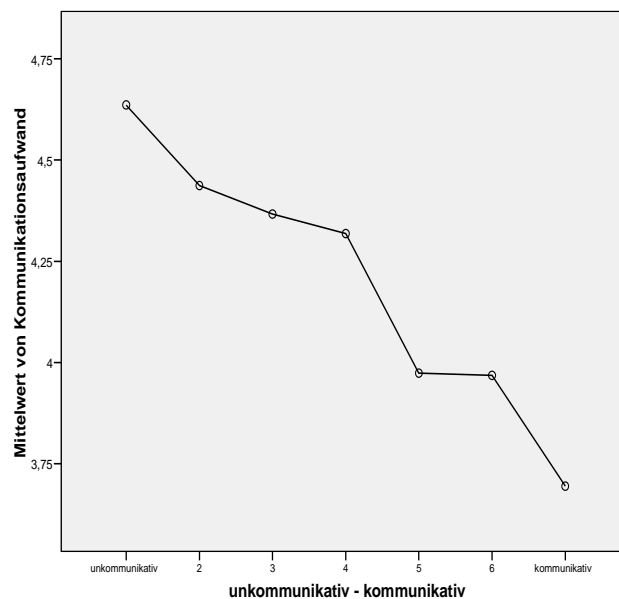


Abbildung 32: Mittelwertdiagramm des Kommunikationsaufwands

Mit Hilfe der *Korrelationsanalyse* sollten der Zusammenhang und die Stärke des Zusammenhangs zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Kommunikationsaufwand berechnet werden. Die Korrelation wurde mit Hilfe des Produkt-Moment-Korrelationstests durchgeführt. Der Pearson-Korrelationskoeffizient (-0,145) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass es keinen Zusammenhang zwischen den Variablen gibt, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, eine Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,01 % ergeben. Die Nullhypothese (kein Zusammenhang) konnte zugunsten der Alternativhypothese (stochastischer Zusammenhang) abgelehnt werden. Somit konnte nachgewiesen werden, dass es einen *linearen Zusammenhang* zwischen der Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der Beurteilung des Kommunikationsaufwands gab. Die Korrelation für die Gruppenvariable und die Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit (-0,081) konnte ebenfalls mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von

2,3 % angenommen werden. Die folgende Abbildung soll den linearen Zusammenhang zwischen der eingeschätzten Kommunikationsfähigkeit von Robotern und des beurteilten Kommunikationsaufwands anhand eines Streudiagramms veranschaulichen.

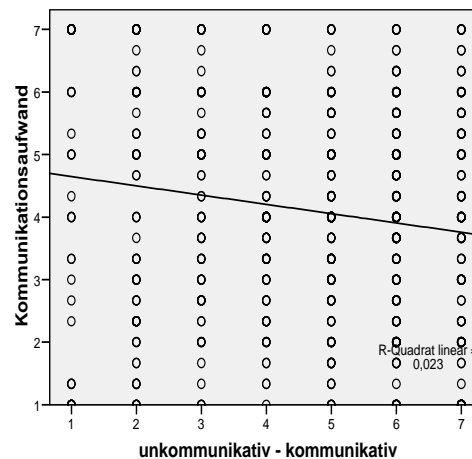


Abbildung 33: Zusammenhang zwischen Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsaufwand

Um die Richtung der linearen Zusammenhänge zwischen der unabhängigen intervallskalierten Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen intervallskalierten Variable Kommunikationsaufwand sowie Unterschiede in den beiden Gruppen feststellen zu können, wurde die bivariate *Regressionsanalyse* durchgeführt. Der positive Regressionskoeffizient β (-0,148) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass es keine Steigung der Regressionsgeraden gibt, bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, eine Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % ergeben (galt für 2,3 % der Fälle). Da der p-Wert kleiner als der α -Wert war, konnte die Nullhypothese (keine Steigung) zugunsten der Alternativhypothese (lineare Steigung) verworfen werden. Die Anpassung des Regressionsmodells an die Gruppenvariable ergab eine stärkere negative Steigung der Regressionsgeraden in der Actroid-Gruppe ($\beta=-0,152$, $p=1,3$ %) als in der Leonardo-Gruppe ($\beta=-0,135$, $p=1$ %). Somit konnte statistisch nachgewiesen werden, dass die *Kommunikationsfähigkeit* einen *negativen* Einfluss auf den *Kommunikationsaufwand* hatte.

In der Forschungshypothese wurde die Annahme aufgestellt, dass es einen linearen Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit von Robotern und des von Befragten wahrgenommenen Kommunikationsaufwands gibt. Es sollte also getestet werden, ob der Kommunikationsaufwand mit einem kommunikationsfähigen Roboter geringer ist als mit einem nicht kommunikationsfähigen Roboter.

Die Hypothese wurde mit Hilfe des T-Tests, Kruskal-Wallis-Tests, Pearson-Korrelationstests und Regressionstests statistisch überprüft.

Es stellte sich heraus, dass die Nullhypothese „kein Gruppenunterschied“ zugunsten der Alternativhypothese „wesentlicher Gruppenunterschied im Beurteilen des Kommunikationsaufwands“ am 95%-Niveau mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 2,3 % *verworfen* werden konnte. Es existierte somit ein wesentlicher *Unterschied* zwischen den beiden unterschiedlich kommunikativ manipulierten Gruppen Actroid und Leonardo hinsichtlich der Beurteilung des Kommunikationsaufwands der Roboter. Der Kommunikationsaufwand mit dem kommunikationsfähigen Roboter Actroid wurde niedriger bewertet als der Kommunikationsaufwand mit dem nicht kommunikationsfähigen Tierroboter.

Desweiteren zeigte sich, dass es auch auffällige Unterschiede zwischen den Gruppen „Roboter wird unkommunikativ eingeschätzt“ und „Roboter wird kommunikativ eingeschätzt“ gibt. Die Nullhypothese (kein Unterschied) konnte auch hier am 95%-Niveau zugunsten der Alternativhypothese (wesentlicher Unterschied der Beurteilung des Kommunikationsaufwands zwischen den Gruppen kommunikativ und unkommunikativ eingeschätzter Roboter) mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 0,9 % *verworfen* werden.

Zudem konnte statistisch nachgewiesen werden, dass die Nullhypothese (kein Zusammenhang zwischen Kommunikationsfähigkeit und Kommunikationsaufwand) am 95%-Niveau ebenfalls zugunsten der Alternativhypothese (linearer Zusammenhang) mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,3 % *verworfen* werden konnte. Mit Hilfe der Regressionsanalyse konnte außerdem bestätigt werden, dass es einen *negativen* linearen Zusammenhang zwischen den Variablen gab und dass der Zusammenhang in der Actroidgruppe etwas stärker war als in der Leonardogruppe.

Die Forschungshypothese konnte bestätigt werden. Es besteht somit ein *Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und dem *Kommunikationsaufwand*. Je *kommunikationsfähiger* ein Roboter ist, desto geringer ist der *Kommunikationsaufwand*.

5.3.5 Sozialer Kommunikationseinfluss (widerlegt)

Von den 403 der Befragten stufen im Rahmen der Kommunikationssituation mit dem kommunikationsfähigen Roboter Actroid-DER2 den sozialen Kommunikationseinfluss auf einer Skala von „1=sehr niedrig“ bis „7=sehr hoch“ *sehr niedrig* ein (MW 1,84, 0,98). Die männlichen

Befragten (MW 1,84, SD 0,98) schätzten den sozialen Kommunikationseinfluss leicht höher ein als die weiblichen Befragten (MW 1,55, SD 0,90).

380 Befragte stuften den sozialen Kommunikationseinfluss im Zuge der Kommunikationssituation mit dem *nicht kommunikationsfähigen* Roboter Leonardo ebenfalls sehr gering ein (MW 1,76, SD 1,13). Die männlichen Befragten (MW 2,01, SD 1,34) schätzten dabei den Einfluss im Schnitt etwas höher ein als die weiblichen (MW 1,64, SD 0,99).

Der Geschlechtsunterschied war in beiden Gruppen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 0,1 % signifikant. Bei den weiblichen Befragten konnte zudem ein hoher Anteil an extremen Ausreißern beobachtet werden. Desweiteren konnte eine positive Korrelation zwischen Robotererfahrung und sozialem Kommunikationseinfluss (0,196, $p < 0,1\%$) sowie zwischen Roboternutzung und sozialem Kommunikationseinfluss (0,178, $p < 0,1\%$) beobachtet werden. Die folgende Abbildung soll den Sozialen Kommunikationseinfluss nach Stichprobe und Geschlecht veranschaulichen.

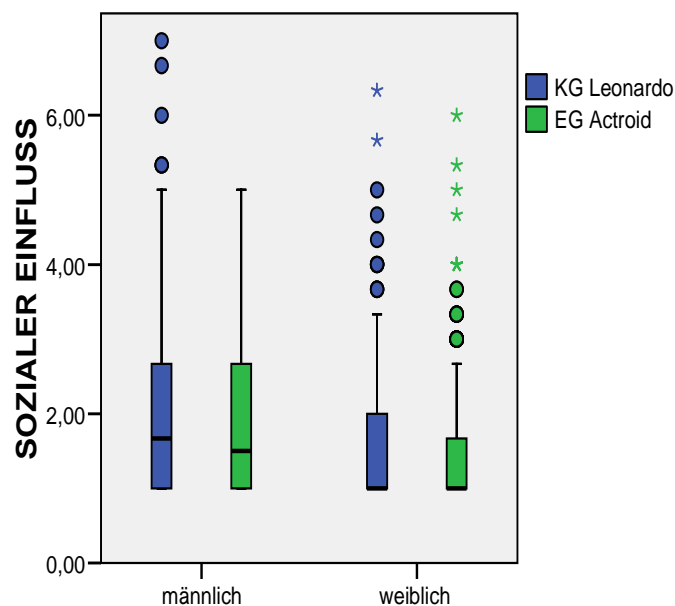


Abbildung 34: Sozialer Einfluss nach Stichprobe und Geschlecht

Folgende im Kapitel 3 vorgestellte Forschungshypothese hinsichtlich der Wirkung der Kommunikationsfähigkeit von Robotern auf den sozialen Kommunikationseinfluss von Befragten wurde für die Anwendung von Hypothesentests statistisch aufbereitet:

H_5 Sozialer Kommunikationseinfluss

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto größer ist der soziale Kommunikationseinfluss.

Der Begriff Sozialer Kommunikationseinfluss wurde in Anlehnung an Kapitel 3.5 anhand der Items „Beruf“, „Familie“ und „soziales Umfeld“ gemessen. Um die obige Forschungshypothese bestätigen zu können, müssten sich erstens *Gruppenunterschiede* hinsichtlich des sozialen Kommunikationseinflusses ergeben. Zweitens, ein *linearer* Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Sozialer Kommunikationseinfluss ergeben. Und drittens, die Stärke des Zusammenhangs der beiden Variablen auf Grund der unterschiedlichen Kommunikationsfähigkeit der Roboter in beiden Gruppen variieren. Die Aufbereitung der Forschungshypothese und der obigen Überlegungen für statistische Tests führt zur Formulierung folgender Null- und Alternativhypothesen:

$$\begin{aligned}
 H_0: & \quad \mu_{KG} + \mu_{EG} = 0 \text{ (keine Mittelwertsdifferenz; T-Test)} \\
 & \quad KOR(x,y) = 0 \text{ (kein Zusammenhang; Spearman-Test)} \\
 & \quad \beta_{EG} + \beta_{KG} = 0 \text{ (keine Richtung des Zusammenhangs; Lineare Regression)} \\
 H_A: & \quad \mu_{KG} + \mu_{EG} \neq 0 \text{ (Mittelwertsdifferenz; T-Test)} \\
 & \quad KOR(x,y) \neq 0 \text{ (Zusammenhang; Spearman-Test)} \\
 & \quad \beta_{EG} + \beta_{KG} \neq 0 \text{ (Richtung des Zusammenhangs; Lineare Regression)}
 \end{aligned}$$

Die Nullhypothese nimmt an, dass es weder eine Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Gruppen, noch einen linearen Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Sozialer Einfluss gibt. Die Mittelwertdifferenz der beiden Gruppen, der Korrelationskoeffizient zwischen den beiden Variablen und die Steigung der Regressionsgeraden beträgt 0. Dies würde bedeuten, dass die unabhängige Variable Kommunikationsfähigkeit *keine Wirkung* auf die abhängige Variable Sozialer Einfluss hat. Um die Nullhypothese behalten zu können, müssten die Wahrscheinlichkeiten der Prüfgrößen *größer* als 5 % sein, der p-Wert müsste also *größer* als der α -Wert sein ($p > 0,05$).

Die unspezifische und ungerichtete Alternativhypothese nimmt im Gegenzug an, dass sowohl die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Gruppen, als auch der lineare Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit und der abhängigen Variable Sozialer Einfluss größer als 0 ist. Dies würde bedeuten, dass es Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des Sozialen Einflusses und einen linearen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen gibt. Somit würde die unabhängige Variable

Kommunikationsfähigkeit eine *Wirkung* auf die abhängige Variable Sozialer Einfluss haben. Um die Alternativhypothese annehmen zu können, müsste die Wahrscheinlichkeit für die Prüfgrößen (Z , H und β) *kleiner* als 5 % ($p=0,05$) sein, der p -Wert müsste also *kleiner* als der α -Wert sein ($p<0,05$).

Um zu ermitteln, ob die *Varianzen* in der Kontroll- und Experimentalgruppe aus einer Grundgesamtheit stammen, also homogen waren, wurde ein F-Test für die Variablen Kommunikationsfähigkeit und Sozialer Einfluss durchgeführt. Dieser konnte für beide Variablen keine Varianzhomogenität nachweisen ($F=8,613$, $p=0,003$).

Der parameterfreie statistische Mann-Whitney-U-Test für die zwei unabhängigen Gruppen „Actroid“ und „Leonardo“ zur Prüfung von Unterschieden in der zentralen Tendenz hinsichtlich des sozialen Kommunikationseinflusses, ergab keine Mittelwertdifferenzen. Der Prüfwert Z (-1,098) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, eine Wahrscheinlichkeit von $p=27,2$ %. Da der p -Wert *kleiner* als der α -Wert war, musste die Nullhypothese (keine Gruppenunterschiede) mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von 72,8 % behalten werden. Somit konnte der Schluss gezogen werden, dass unterschiedlich kommunikationsfähige Roboter keine Wirkung auf den sozialen Kommunikationseinfluss haben. Es konnten wesentliche Geschlechtsunterschiede ($Z=-4,047$, $p<0,1$ %) festgestellt werden. Der soziale Kommunikationseinfluss war im Schnitt deutlich stärker bei den Männern als bei den Frauen (Mittlere Ränge Männer 436,09, Frauen 371,689).

Desweiteren wurde die Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit auf einer siebenstufigen Likertskala in den Hypothesentest herangezogen. Da die Varianzen homogen waren, wurde ein T-Test für die zwei aus der Likertskala abgeleiteten Extremgruppen „1=unkommunikativ“ (43 der 783 Befragten) und „7=kommunikativ“ (119 der 783 Befragten) hinsichtlich der abhängigen Variable Sozialer Einfluss durchgeführt. Der Prüfwert T (-0,747) hat unter der Bedingung der Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen existiert, und bei einem α -Signifikanzniveau von 5 %, bei 160 Freiheitsgraden eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=45,6$ % ergeben. Da der p -Wert *größer* als der α -Wert war, musste die Nullhypothese (kein Gruppenunterschied) mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von 54,4 % behalten werden. Die Alternativhypothese (wesentlicher Gruppenunterschied) musste wegen der hohen Fehlerwahrscheinlichkeit von 45,6 % verworfen werden. Es konnten also auch in diesen beiden Gruppen (unkommunikativ vs. kommunikativ) keine wesentlichen Unterschiede im sozialen

Kommunikationseinfluss beobachtet werden. Somit konnte der Schluss gezogen werden, dass Kommunikationsfähigkeit von Robotern keine Wirkung auf den sozialen Kommunikationsfluss zeigte. Die folgende Abbildung soll den Zusammenhang zwischen Kommunikationsfähigkeit von Robotern und des sozialen Kommunikationseinflusses veranschaulichen.

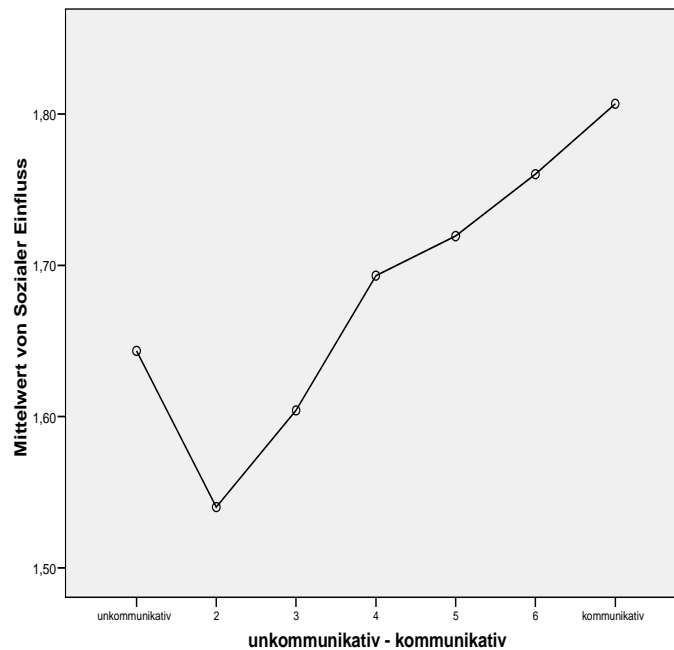


Abbildung 35: Mittelwertdiagramm des Sozialen Einflusses

Mit Hilfe von Streudiagrammen konnte kein linearer Zusammenhang festgestellt werden, das R^2 betrug in diesem Fall nur 0,005, ein Zusammenhang hätte also nur für 0,5 % der Fälle gegolten. Deshalb konnten weder eine Korrelations- noch eine Regressionsanalyse durchgeführt werden.

In der Forschungshypothese wurde die Annahme aufgestellt, dass es einen linearen Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Kommunikationsfähigkeit von Robotern und des sozialen Kommunikationseinflusses der Befragten gibt. Es sollte also getestet werden, ob der Einfluss von stärker von einem kommunikationsfähigen Roboter bedingt ist als von einem nicht kommunikationsfähigen.

Die Hypothese wurde mit Hilfe des T- und U-Tests statistisch überprüft.

Es stellte sich erstens heraus, dass die Nullhypothese (kein Gruppenunterschied im sozialen Kommunikationseinfluss) angenommen und die Alternativhypothese (wesentlicher

Gruppenunterschied) wegen einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 27,2 % verworfen werden musste. Es existierte somit *kein Unterschied* zwischen den beiden unterschiedlich kommunikativ manipulierten Gruppen Actroid und Leonardo hinsichtlich des sozialen Kommunikationseinflusses. Der soziale Einfluss war in beiden Gruppen gleich niedrig.

Desweiteren zeigte sich, dass es auch keine Unterschiede zwischen den Gruppen „Roboter wird unkommunikativ eingeschätzt“ und „Roboter wird kommunikativ eingeschätzt“ gibt.

Die Forschungshypothese musste *widerlegt* werden. Es besteht *kein* Zusammenhang zwischen der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und dem sozialen Kommunikationseinfluss eines Befragten.

5.3.6 Kommunikationsabsicht (teilweise bestätigt)

Die Kommunikationsabsicht in der Experimentalgruppe mit dem kommunikationsfähigen Roboter war auf einer Skala von „1=sehr niedrig“ bis „7=sehr hoch“ mit einem Durchschnittswert von 4,43 (SD 2,23) mittelhoch. Bei den männlichen Befragten konnte eine höhere Absicht mit dem Roboter zu kommunizieren (MW 4,93, SD 2,12) gemessen werden als bei den weiblichen (MW 4,22, SD 2,24).

Die Kommunikationsabsicht in der Kontrollgruppe mit dem nicht kommunikationsfähigen Roboter war mit einem durchschnittlichen Wert von 4,37 (SD 2,43) annähernd gleich hoch wie in der Experimentalgruppe. Auch hier konnte eine leicht höhere Absicht bei den männlichen Befragten festgestellt werden (Männer MW 4,44, SD 2,43 vs. Frauen MW 4,33, SD 2,32).

Folgende im Kapitel 3 vorgestellte Forschungshypothese wurde für die Anwendung von Hypothesentests statistisch aufbereitet:

H_0 Kommunikationsabsicht

Je *kommunikationsfähiger* ein Roboter ist, desto größer ist die *Kommunikationsabsicht*.

Der Begriff *Kommunikationsabsicht* wurde in Anlehnung an das Kapitel 3.6 als „Kommunikationswunsch“ operationalisiert und als Einstellung „Ich würde mich gerne einmal mit dem Roboter unterhalten“ anhand einer siebenstufigen Intervallskala von „1=trifft überhaupt nicht zu“ bis „7=trifft voll zu“ gemessen. Um die obige Forschungshypothese bestätigen zu können, müsste sich ein *linearer Zusammenhang* zwischen den Variablen

ergeben und das *Regressionsmodell* den Einfluss der unabhängigen Variable Kommunikationsfähigkeit auf die abhängige Variable Kommunikationsabsicht bestätigen. Es konnte allerdings kein linearer Zusammenhang zwischen *Kommunikationsfähigkeit* und *Kommunikationsabsicht* festgestellt werden. Es konnten aber Geschlechtsunterschiede gemessen werden. Insgesamt wurde mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,1 % eine höhere Kommunikationsabsicht mit Robotern bei den männlichen Befragten gemessen (Männer MW 4,68 vs. Frauen 4,27). Die männlichen Befragten in der Experimentalgruppe zeigten eine signifikant höhere Kommunikationsabsicht mit dem weiblichen, menschenähnlichen, kommunikationsfähigen Roboter Actroid-DER2 als die weiblichen Befragten (Männer MW 4,93, SD 2,12 vs. Frauen MW 4,22, SD 2,24). In der Kontrollgruppe konnte kein signifikanter Geschlechtsunterschied festgestellt werden.

Die Forschungshypothese musste *widerlegt* werden. Es besteht *kein* direkter Zusammenhang zwischen der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der Kommunikationsabsicht eines Befragten. Bei den männlichen Befragten konnte eine auffällig höhere Kommunikationsabsicht gemessen werden.

Es konnten desweiteren alternativ folgende andere Korrelationen mit der Kommunikationsabsicht ermittelt werden:

- Geschlecht (-0,082, $p < 2,1$)
- Kommunikationseinschätzung (0,191, $p < 0,1$)
- Sympathie (0,347, $p < 0,1$)
- Intelligenzeinschätzung (0,253, $p < 0,1$)
- Friedlichkeitseinschätzung (0,275, $p < 0,1$)
- Menschenähnlichkeitseinschätzung (0,114, $p = 0,1$)

Die Regressionsanalyse lieferte nach zahlreichen Anpassungsversuchen folgendes ideale Akzeptanzmodell, das für 32,6 % der Fälle Gültigkeit hatte und die Variablen beschreibt, die die Kommunikationsabsicht positiv beeinflussen:

- Kommunikationsbedingungen (0,397, $p < 0,1$)
- Sympathie (0,159, $p < 0,1$)
- Kommunikationsperformance (0,078, $p = 0,031$)
- Sozialer Kommunikationseinfluss (0,018, $p = 0,1$)

In Anlehnung an diese Ergebnisse soll nun das in Kapitel 3.7 aufgestellte Hypothesenmodell im folgenden Kapitel korrigiert werden und die soeben dargestellten Ergebnisse der Untersuchung im Kapitel 6 diskutiert werden.

5.4 Korrigiertes Hypothesenmodell

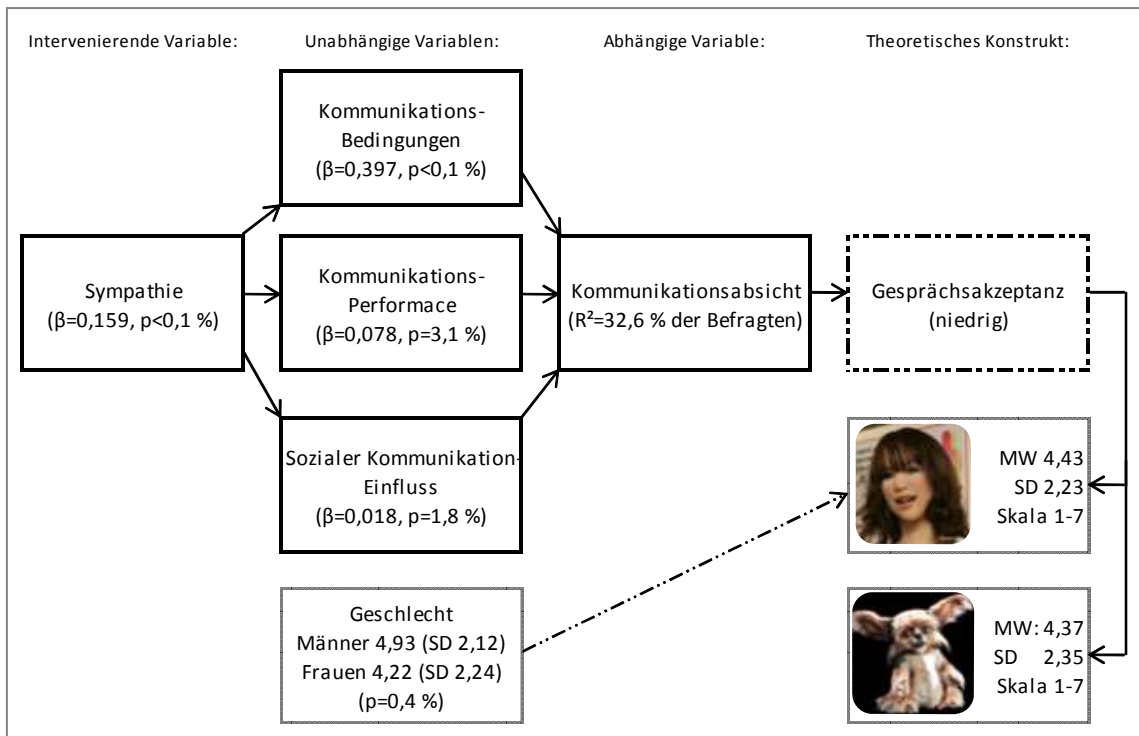


Abbildung 36: Korrigiertes Hypothesenmodell

6 Diskussion

Erkenntnis₁ (*Kommunikationsbereitschaft*):

Die *Menschenähnlichkeit* eines Roboters hat nur unter der Bedingung, dass der Roboter sympathisch empfunden wird, Einfluss auf die *Kommunikationsbereitschaft* von Menschen und der daraus resultierenden *Intelligenzbewertung*. Je sympathischer und menschenähnlicher ein Roboter ist, desto intelligenter wird er bewertet und desto größer ist die Bereitschaft mit ihm zu kommunizieren. Der Einfluss der Kommunikationsfähigkeit konnte hier statistisch nicht nachgewiesen werden. Die Studie hat ergeben, dass die Umfrageteilnehmer insgesamt eher mit menschenähnlichen, weiblichen Androiden als mit maschinenähnlichen Robotern kommunizieren würden. Die weiblichen Befragten bevorzugten als potentielle Gesprächspartner eher maschinen- oder tierähnliche Roboter, die männlichen Befragten hingegen eher menschenähnliche, weibliche Roboter (Androide). Zwei Extremfälle konnten verzeichnet werden, nämlich: der Roboterhund Aibo und der männliche Android Geminoid. Aibo konnte als einziger Roboter wegen der höchsten Sympathiewerte gegen einen Androiden punkten, also eine höhere Kommunikationsbereitschaft bei den Befragten auslösen. Der zweite Extremfall, der menschenähnliche, männliche Roboter Geminoid, löste wegen seiner niedrigsten Sympathie- und Kommunikationsfähigkeitswerte die niedrigste Kommunikationsbereitschaft bei den Befragten aus. Die weiblichen Studenten zeigten eine größere Ablehnung gegenüber Geminoid, die waren aber noch am ehesten als die weiblichen Studenten bereit mit Geminoid zu kommunizieren. Am unsympathischsten wurde also Geminoid, und am sympathischsten Aibo bewertet. Am kommunikativsten wurde Actroid bewertet und am unkommunikativsten wurden die Roboter ohne Mund, nämlich Autom und Nao bewertet. Am intelligentesten und menschenähnlichsten wurde der Androide EveR, und am wenigsten intelligent und am maschinenähnlichsten wurde Nao bewertet.

Erkenntnis₂ (*Kommunikationsbedingungen*):

Je kommunikationsfähiger ein Roboter also *eingeschätzt* wird, desto besser sind die Kommunikationsbedingungen für eine Verständigung. Die Kommunikationsbedingungen (Wissen, gemeinsames Thema, Interesse und Zweck) wurden in beiden Gruppen relativ schlecht beurteilt. Es konnten keine Gruppenunterschiede hinsichtlich den Kommunikationsbedingungen gemessen werden. Sowohl die Kommunikationssituation mit dem Androiden als auch die mit dem Tierroboter wurde eher schlecht eingeschätzt, was auf eine geringe Gesprächsakteptanz deutet. Es zeigte sich aber, dass die Bewertung der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters sehr wohl Einfluss auf die

Kommunikationsbedingungen hatte. Das lässt den Schluss zu, dass auch ein nicht kommunikationsfähiger Roboter kommunikativ eingeschätzt werden kann, wenn es Anzeichen dafür gibt, dass er sein Gegenüber verstehen und auf ihn reagieren kann.

Erkenntnis₃ (Kommunikationsperformance)

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto intelligenter wird er eingeschätzt und desto besser wird die Kommunikationsperformance von Menschen beurteilt. Kommunikationsfähigkeit verstärkt also den Anthropomorphismus (*Vermenschlichung*) und dieser löst unbewusst Intelligenzzuschreibung aus. Die Kommunikationsperformance des kommunikationsfähigen Roboters Actroid-DER2, der im Spot einen wechselseitigen sprachlichen Dialog mit einer Menschenmenge führte, wurde wesentlich besser bewertet als die des nicht kommunikationsfähigen Roboters Leonardo, der im Spot auf eine kommunikativ begleitete Anweisung eines „Lehrers“ das vorgeigte Verhalten stumm nachahmte (Imitationslernen). Actroid wurde deutlich menschenähnlicher und kommunikationsfähiger eingeschätzt als Leonardo (Bestätigung, dass richtig operationalisiert wurde). Zudem konnte nachgewiesen werden, dass Actroid deutlich intelligenter eingestuft wurde als Leonardo. Somit konnte ein positiver Zusammenhang zwischen Intelligenz, Kommunikationsfähigkeit und Menschenähnlichkeit entdeckt werden. In der Sympathiebewertung hingegen konnten keine Unterschiede festgestellt werden, beide Roboter wurden also gleich sympathisch eingestuft. Die gewonnene empirische Erkenntnis lässt sich mit folgender theoretischen Überlegung stützen: Im Kapitel 2.1.6 wurde der Begriff *Anthropomorphismus* vorgestellt, der die Tendenz beschreibt, leblosen Gegenständen oder Tieren menschliche Eigenschaften und Verhaltensweisen zuzuschreiben, um dadurch die Handlungen ihres Gegenübers vernünftig begründen zu können. Umgelegt auf die Untersuchung bedeutet dies, dass Menschen unbewusst Maschinen aufgrund ihres positiven Kommunikationsverhaltens Intelligenz zuschreiben.

Erkenntnis₄ (Kommunikationsaufwand)

Je kommunikationsfähiger ein Roboter ist, desto geringer wird der Kommunikationsaufwand beurteilt. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Kommunikation mit dem nicht kommunikationsfähigen Roboter Leonardo zeitaufwendiger, mühsamer und anstrengender erlebt wurde als die mit dem menschenähnlichen Roboter Actroid. Die männlichen Befragten beurteilten den Kommunikationsaufwand im Schnitt höher ein als die weiblichen Befragten.

Erkenntnis₅ (Sozialer Kommunikationseinfluss)

Es konnte kein sozialer Kommunikationseinfluss in den beiden Gruppen festgestellt werden, dieser war in beiden faktisch nicht vorhanden und abhängig von der Robotererfahrung und –nutzung. Männliche Befragte unterlagen dabei einem stärkeren sozialen Einfluss als die weiblichen. Dieser Zusammenhang lässt sich mit der Technikaffinität der männlichen Befragten erklären und der noch immer stark überrepräsentierten männlichen Technikerdomäne.

Erkenntnis₆ (Kommunikationsabsicht):

Wirkt sich *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters auf die *Kommunikationsabsicht* aus?

Somit konnte empirisch nachgewiesen werden, dass Roboter bis dato gesellschaftlich noch nicht als Gesprächspartner akzeptiert sind – dieser Umstand lässt sich anhand der schlechten Kommunikationsbedingungen, der mangelhaften Performance, des hohen Aufwands und anhand des geringen sozialen/ gesellschaftlichen Einflusses beweisen.

7 Schluss

In den folgenden Kapiteln soll eine Gesamtzusammenfassung der vorliegenden Arbeit gegeben werden und daraus ein Fazit ableiten, das Raum für künftige Forschungen liefert.

7.1 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Gesprächsakzeptanz von Robotern anhand der Merkmale Menschenähnlichkeit und Kommunikationsfähigkeit zu messen.

Aus der Skizzierung des Forschungsproblems in Kapitel 1 ging hervor, dass Roboter immer deutlicher als *soziale* und *kommunikative* Interaktionspartner in die Gesellschaft integriert werden, ohne den Bedarf und die Kommunikationsbereitschaft zu evaluieren. Desweiteren wurde ein kommunikationswissenschaftliches und –theretisches Defizit aufgezeigt, da bis dato kaum Kommunikationswissenschaftler involviert sind, obwohl es um Kommunikations- und Medienphänomene innerhalb der Mensch-Roboter Kommunikation geht. Und schließlich konnte aufgezeigt werden, dass trotz neuen sprachwissenschaftlichen Erkenntnissen, wie ein Dialog strukturiert sein sollte, um den Erfolg zu maximieren, die zentrale Frage offen blieb, nämlich der der Gesprächsakzeptanz.

Im theoretischen Teil wurden deshalb zuerst die zentralen Begriffe aus der sozialen Robotik – Intelligenz, Roboter, Humanoid, Anthropomorphismus, Uncanny Valley und Mensch-Roboter-Interaktion - definiert und im Anschluss daran der aktuelle Forschungsstand auf dem jeweiligen Forschungsgebiet präsentiert. In Kapitel 2.2 wurden die zentralen kommunikationstheoretischen Begriffe – Kommunikation, Medium, Dialog – definiert und in Forschungskontext gesetzt. Und abschließend wurde als Schnittmenge zwischen der sozialen Robotik und der Kommunikationswissenschaft ein aktueller kommunikationswissenschaftlicher Ansatz vorgestellt, der Roboter je nach Interaktivitätsgrad in vier Medienkategorien einteilt.

Im Kapitel 3 wurden die zentralen Forschungsfragen und Hypothesen formuliert. In Anlehnung an das kommunikationswissenschaftlich modifizierte UTAUT-Technologieakzeptanzmodell von Venkatesh, den Kommunikationsbegriff von Burkart und den Verständigungsbegriff von Habermas wurden die Hypothesen anhand von Indikatoren – Kommunikationsbereitschaft, Kommunikationsfähigkeit, Kommunikationsbedingungen, Performance, Aufwand, Sozialer Einfluss - messbar gemacht.

Im Kapitel 4 wurde das methodische Vorgehen präsentiert und das experimentelle Design der Studie vorgestellt. Die Forschungsfrage sollte durch eine experimentelle Online-Befragung mit

der Befragungssoftware Globalpark/Unipark anhand einer Experimental- (kommunikationsfähiger Roboter ActroidDER-2) und einer Kontrollgruppe (nicht kommunikationsfähiger Roboter Leonardo) beantwortet werden. Als Grundgesamtheit wurden Studenten, die im WS 2009 an den öffentlichen Wiener Universitäten immatrikuliert waren, definiert. Ein Pretest mit zehn Personen konnte semantische Mängel beheben, bevor die Stichprobe dann anhand von Emailverteilern über die jeweiligen Institute zufällig gezogen wurde.

An der experimentellen Fragebogen-Studie nahmen n=783 Studenten teil. 382 der Befragten (Frauenquote: 66,6 %) wurden per Zufallstrigger in den virtuellen Kontroll-Versuchsraum geleitet, in dem ein zugeschnittenes 50-Sekunden-Video mit dem nicht kommunikationsfähigen Tierroboter Leonardo mit MIT Media Labs gezeigt wurde. 402 der Befragten (Frauenquote: 70,2 %) wurden ebenfalls per Zufallstrigger in den virtuellen Experimental-Versuchsraum geleitet, in dem ein zugeschnittenes 50-Sekunden-Video mit dem kommunikationsfähigen, menschenähnlichen Roboter Actroid-DER2 gezeigt wurde. Die Befragten waren im Alter zwischen 17 und 72 Jahren (MW 25,6, MOD 20). 97,1 % haben noch nie mit einem Roboter interagiert/ kommuniziert. 1,5 % gaben keinen Roboter an und 1,4 % gaben an schon einmal mit einem Roboter interagiert zu haben. 1,1 % der Befragten waren in der Robotik tätig oder sind im Zuge des Studiums mit Robotern in Berührung gekommen.

Folgende Ergebnisse konnten in Anlehnung an die zentrale Forschungsfragen durch Anwendung statistischer Hypothesentests empirisch nachgewiesen werden:

- *kein Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und der *Kommunikationsbereitschaft* der Befragten
- *positiver Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und den *Kommunikationsbedingungen*: je kommunikationsfähiger ein Roboter eingeschätzt wird, desto besser sind die Kommunikationsbedingungen
- *positiver Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und der Kommunikationsperformance: *kommunikationsfähiger* ein Roboter ist, desto besser ist die *Kommunikationsperformance*
- *negativer Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und dem *Kommunikationsaufwand*: Je *kommunikationsfähiger* ein Roboter ist, desto geringer ist der *Kommunikationsaufwand*
- *kein Zusammenhang* zwischen der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und dem sozialen Kommunikationseinfluss eines Befragten

- *Kein Zusammenhang zwischen der Kommunikationsfähigkeit eines Roboters und der Kommunikationsabsicht von Befragten*

Die zentrale Fragestellung konnte anhand des evaluierten Regressionsmodells, das für 32,6 % der Befragten Gültigkeit hatte, folgendermaßen beantwortet werden: Die Gesprächsakzeptanz von Robotern hängt in der vorliegenden Untersuchung nicht von der Kommunikationsfähigkeit, sondern von den folgenden Faktoren ab:

- Kommunikationsbedingungen (0,397, $p < 0,1$)
- Sympathie (0,159, $p < 0,1$)
- Kommunikationsperformance (0,078, $p = 0,031$)
- Sozialer Kommunikationseinfluss (0,018, $p = 0,1$)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Roboter nicht als Gesprächspartner akzeptiert sind, da die Bedingungen noch zu schlecht sind, der soziale Einfluss zu gering, die Kommunikationsperformance noch zu schlecht und insgesamt die Kommunikationsabsicht der Befragten noch zu niedrig ist.

Weiterführende Forschungen in diesem Bereich wären angebracht, um den Einfluss der Menschenähnlichkeit und Kommunikationsfähigkeit auf die Akzeptanz in Realszenarien (Direkte face-to-robot-Kommunikation im Labor oder auf dem Feld) zu testen und daraus resultierend Strategien zu entwickeln, die den Kommunikationserfolg zwischen Mensch und Roboter maximieren kann.

7.2 Fazit

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war herauszufinden, ob Menschen Roboter als Gesprächspartner *akzeptieren* und ob die *Kommunikationsfähigkeit* eines Roboters Einfluss auf die Gesprächsakzeptanz hat. Es sollte also konkret untersucht werden, ob sprechende Roboter eher als nicht sprechende Roboter als Gesprächspartner akzeptiert werden. Die Untersuchung hat ergeben, dass die Kommunikationsfähigkeit eines Roboters *keinen direkten* Einfluss auf die Kommunikationsabsicht hatte. Für 32,6 % der Befragten aber konnte ein positiver Zusammenhang zwischen Kommunikationsabsicht und den Variablen Sympathie, Kommunikationsperformance, Kommunikationsbedingungen und sozialer Kommunikationseinfluss festgestellt werden. Daraus lässt sich folgende Schlussfolgerung ableiten: je besser die Kommunikationsbedingungen (Wissen, Thema, Interesse, Zweck), je

besser die Kommunikationsperformance (kommunikativer Nutzen), je stärker der soziale Einfluss (Beruf, Familie, nahes Umfeld) und je größer die Sympathie, desto eher wird ein Roboter als Gesprächspartner akzeptiert. Die Untersuchung hat insofern aufgezeigt, dass der Konsum von kommunikativen Robotern, also eine Mensch-Roboter-Kommunikation, gesellschaftlich noch weitestgehend „unerwünscht“, nicht akzeptiert, ist. Um die Akzeptanz zu steigern, müssten sie einen Nutzen für die Allgemeinheit aufweisen, also in Form eines konkreten Informations- oder Unterhaltungspotentials. Weiterführende Forschungen sollten untersuchen, welchen Nutzen ein Roboter als Gesprächspartner für einen Menschen generieren kann und welche Erwartungen Menschen an Roboter als Gesprächspartner stellen.

Die *Gesprächsakzeptanz* von Robotern wurde *empirisch* in Anlehnung an das UTAUT-Modell gemessen und kann in modifizierter Form als *methodische Hilfestellung* für zukünftige kommunikationswissenschaftliche Forschungsarbeiten dienen. Folgende Einflussvariablen auf die Gesprächsakzeptanz konnten statistisch bestätigt werden: Sympathie, Kommunikationsbedingungen, Kommunikationsperformance und Sozialer Einfluss. Der *Zusammenhang* zwischen der *Kommunikationsfähigkeit* von Robotern und der *Gesprächsakzeptanz* konnte empirisch teilweise nachgewiesen werden. Die Performance von kommunikationsfähigen Robotern wird zwar deutlich besser beurteilt und der Kommunikationsaufwand auch deutlich geringer eingestuft als mit nicht kommunikationsfähigen Robotern, aber Sprache an sich scheint nicht das entscheidende Kriterium für die Gesprächsakzeptanz zu sein, denn der Tierroboter Leonardo wurde trotz seiner Unfähigkeit in einer menschlichen Sprache zu sprechen, nicht signifikant schlechter akzeptiert als der dialogfähige Androide Actroid. Leonardo war zwar nicht sprachfähig, aber er konnte dennoch „Bedeutungen“ in Form von Imitationslernen mit seinem Gegenüber teilen. Desweiteren konnte *der Zusammenhang* zwischen der *Menschenähnlichkeit* von Robotern und der *Kommunikationsbereitschaft* von Menschen empirisch nachgewiesen werden. Ein Uncanny Valley-Effekt, also ein unheimliches Tal, konnte nur bei dem männlichen Androiden Geminoid festgestellt werden. Dieser Effekt ist aber nicht auf seine Menschenähnlichkeit sondern auf seine geringe Sympathie zurückzuführen. Roboterdesigner sollten deshalb darauf achten, Roboter nicht „unfreundlich“ zu gestalten. Desweiteren sollte man beim Roboterdesign darauf achten, einen Roboter Mund zu implementieren, wenn man beabsichtigt, Roboter kommunikationsfähig zu machen. Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass einen positiven Zusammenhang zwischen Menschenähnlichkeit und Intelligenz gab, was den Schluss zulässt, dass ein Roboter umso intelligenter wirkt, desto mehr menschliche Züge er aufweist. Kommunikationsfähigkeit ist so

ein eindeutiges menschliches Merkmal. Zudem konnte festgestellt werden, dass die männlichen Befragten menschenähnliche Roboter bevorzugten, während die weiblichen Befragten zur Kommunikation mit tierähnlichen Robotern tendierten. Abschließend lassen sich folgende Schlussfolgerungen festhalten:

Fazit 1 Sozialer Roboter:

Ein Roboter muss sich an dem Verhalten anderer Menschen orientieren, um als *sozial* eingestuft werden zu können.

Fazit 2 Soziale Mensch-Roboter-Interaktion:

Eine soziale Mensch-Roboter Interaktion findet dann statt, wenn ein Roboter mit einem oder mehreren Menschen in eine *wechselseitige* Beziehung tritt und beim Menschen Bedeutungen ins Bewusstsein ruft (und umgekehrt). Roboter müssen also fähig sein, ihre *Aktionen* und *Reaktionen* an Menschen auszurichten. Konkret müssen sie in der Lage sein, *Einwirkungen* von Menschen zu erfahren und zugleich selbst *Auswirkungen* auf diese zu haben. Dies impliziert, dass ein Roboter fähig sein muss, sich vorzustellen, wie sein menschlicher Kommunikationspartner seine Kommunikation aufnimmt – wohlgerneht eine technische Herausforderung.

Fazit 3 Kommunikativer Roboter:

Ein Roboter kann dann als *kommunikativ* bezeichnet werden, wenn sein Handeln im Hinblick auf andere gerichtet ist, er darüber hinaus die allgemeine Intention seines Handelns - nämlich spezielle Bedeutungsinhalte mit Menschen teilen wollen - verwirklichen kann und damit das konstante Ziel - nämlich *Verständigung* über mitgeteilte Bedeutungsinhalte - erreichen kann.

Fazit 4 Kommunikationsfähigkeit von Robotern:

Ein Roboter kann dann als kommunikationsfähig bezeichnet werden, wenn er die Fähigkeit aufweist, in beliebigen Situationen, situations- und medienadäquat, also unabhängig, zwanglos und selbstbestimmt (autonom), kommunikative Handlungen *auszugeben* und zu *empfangen*.

Fazit 5 Kommunikative Kompetenz von Robotern:

Ein Roboter kann dann als *kommunikativ kompetent* bezeichnet werden, wenn er sich erstens „verständnisbereit“ zeigt und die Fähigkeit aufweist, einen grammatikalischen richtigen Satz („sprachfähig“) in Realitätsbezüge zu setzen („kommunikationsfähig“).

Fazit 6 Mensch-Roboter-Kommunikation:

Eine Mensch-Roboter-Kommunikation findet dann erfolgreich statt, wenn ein Roboter und ein Mensch (oder mehrere Menschen) ihre *kommunikativen Handlungen* (*Verständigung* und *Interessensrealisierung*) intentional und wechselseitig im Hinblick aufeinander richten und durch eine mediale Vermittlungsinstanz *realisieren*. Der Versuch, kommunikatives Handeln zu realisieren, reicht nicht aus, um als Kommunikation zu gelten. Die Realisierung des kommunikativen Handelns kann durch kommunikative Erfolgskontrollen ex post geprüft werden. Ein Roboter kann dann als Kommunikator kommunizieren - also einem Rezipienten etwas mitteilen - wenn ein Rezipient die Mitteilung aufnehmen und verstehen - also die Aussage mit dem Roboter teilen - will.

Fazit 7 Sprachliche Mensch-Roboter-Verständigung:

Eine sprachliche Verständigung zwischen einem Roboter und einem Menschen kann dann erreicht werden, wenn sich beide Kommunikationspartner in der Kommunikationssituation in gleicher Weise, sowohl auf der Inhalts- als auch auf der Beziehungsebene, treffen. Erfolgreiche Verständigung in sprachlichen Kommunikationsprozessen zwischen zwei oder mehr Menschen ist oftmals fast unmöglich zu erreichen. Dieser Umstand ist im Hinblick auf den Mensch-Roboter-Kontext nicht uninteressant, denn: wenn Menschen, die die menschliche Sprache beherrschen und als intelligente Wesen gelten, kaum erfolgreiche Verständigung untereinander erreichen können, wie soll dann ein Roboter, der bis dato weder die Komplexität der menschlichen Sprache beherrscht, noch nicht annähernd so intelligent ist wie ein Mensch, Verständigung mit Menschen herstellen können? In der Theorie müsste zwischen Menschen und Roboter *wechselseitige Einigkeit* sowohl auf der gegenständlichen Inhalt- als auch auf der intersubjektiven Beziehungsebene hergestellt werden.

Fazit 8 Ideale Mensch-Roboter-Sprechsituation:

Um eine ideale Mensch-Roboter-Sprechsituation herzustellen, müssten sowohl der Roboter als auch der Mensch die jeweilige *Verständigungsbereitschaft* des anderen testen, um die Abweichung der Gesprächsrealität vom Idealzustand zu erfassen. Der Roboter müsste also *verständliche* (grammatikalisch richtige Sätze), *wahre* (real existierende objektive Inhalte), *wahrhaftige* (transparente subjektive Roboterintentionen) und *richtige* (sozial angemessene) Botschaften vermitteln, damit er vom Menschen als verständigungsbereit eingestuft wird.

Fazit 9 Mensch-Roboter-Kommunikationsstörung

Eine Kommunikationsstörung zwischen einem Roboter und einem Menschen liegt dann vor, wenn die Sprache ihre Funktion als *Medium symbolisch vermittelter Interaktionen* nicht erfüllt und somit keine Verständigung erfolgen kann. Um ein kommunikatives Missverstehen zu vermeiden, müsste ein Roboter einen annähernd identischen Pool an sprachlichen Symbolen wie der Mensch haben, und den Symbolen annähernd gleiche Bedeutung wie der Mensch zuschreiben. Bis dato ist ein Roboter allerdings noch nicht so technisch (intelligent) entwickelt, um diese Ansprüche erfüllen zu können. Missverständnisse in einem Mensch-Roboter-Dialog lassen sich demnach nach aktuellem Forschungsstand nicht vollständig eliminieren.

Schlussfazit: Gesprächsakzeptanz von Robotern:

Ein Roboter kann dann als Gesprächspartner akzeptiert werden, wenn seine Kommunikationsperformance (Gesprächsqualität) hoch, die Kommunikationsbedingungen zwischen Mensch und Roboter (gemeinsames Thema, Interesse, Wissen, Zweck) sehr gut, die Sympathie groß und der soziale Kommunikationseinfluss ebenfalls groß ist. Kommunikationsfähigkeit spielt dabei eine wesentliche Rolle, allerdings kann auch ein nonverbaler Roboter als Gesprächspartner dann akzeptiert werden, wenn der Roboter fähig ist, seinen menschlichen Partner zu *verstehen*, also das Gesagte in Realitätsbezüge zu setzen. Damit Roboter gesellschaftlich als Gesprächspartner akzeptiert werden können, bedarf es Strategien, die einen öffentlichen Nutzen, also einen Nutzen für die Allgemeinheit haben. Um dies zu erreichen, muss die Rolle des Roboters als Gesprächspartner definiert und seine Funktionen (Informationspotential) konkretisiert werden.

7.3 Ausblick

Ausblick 1: Roboter als „Gesprächspartner“

Die vorliegende Untersuchung hat versucht, die Gesprächsakzeptanz von Robotern empirisch zu messen. In Anlehnung an das UTAUT-Modell von Venkatesh konnte ein kommunikationstheoretisch transformiertes Hypothesenmodell aufgestellt werden, die für 32,6 % der Befragten Gültigkeit aufzeigen konnte. In weiterführende Studien könnte der Effekt der nonverbalen Kommunikation stärker anhand der drei Kategorien „kommunikationsfähig“ (Sprache und Bedeutungen teilen“), „sprachunfähig“ (kann nur Bedeutungen empfangen) und kommunikationsunfähig“ (ist weder sprachfähig noch kann er Bedeutungen produzieren oder empfangen) gemessen werden, um zu testen, ob nonverbale Kommunikation mit verbaler Kommunikation gleichrangig ist.

Ausblick 2: Roboter als „Kommunikationsmedien“

Die Forschungsgruppe um KANDA hat den ersten Versuch unternommen, Roboter als Medien zu betrachten und diese in vier Kategorien eingeteilt, nämlich *passiv*, *passiv-sozial*, *interaktiv* und *interaktiv-sozial*. Allerdings wurde verabsäumt, Roboter in Abgrenzung zu anderen Medien miteinander zu vergleichen und die Effektivität von Robotern als Medien zu messen. Mit Hilfe des publizistischen Medienbegriffs könnte sich eine wirksame Einteilung durchführen und das Informationspotential messen lassen. Die hier zugrunde liegende Forschungsfrage könnte folgendermaßen lauten: Welche Informationen sollte ein Roboter auf welche Weise mit welchem Einflusspotential verkünden?

Ausblick 3: Diagnose von Kommunikationsstörungen

Mit Hilfe des Verständigungsbegriffs aus der *Theorie des Kommunikativen Handelns* von HABERMAS könnten sich Schwachstellen in Mensch-Roboter-Verständigungsprozessen diagnostizieren lassen. Anhand der vier Geltungsansprüche im Kommunikationsprozess, nämlich *Verständlichkeit*, *Wahrheit*, *Wahrhaftigkeit* und *Richtigkeit* von Informationen, könnte man empirisch messen, wie weit eine *reale* Gesprächssituation von einer *idealen* abweicht. Hier wäre dringend Forschungsbedarf angesagt. Die hier zugrunde liegende Forschungsfrage könnte lauten: Wie lassen sich Kommunikationsstörungen zwischen Robotern und Menschen verringern?

Ausblick 4: Roboter als „meritorische Güter“

In Anlehnung an MUSGRAVE lassen sich *meritorische Güter* als Güter, deren *Produktion* und *Konsum* gesellschaftliche erwünscht ist, weil sie einen Nutzen für die Gesellschaft generieren, bezeichnen. Diese Perspektive scheint im sozialen Robotikkontext interessant, denn die Akzeptanz von Robotern als soziale Interakteure oder kommunikative Gesprächspartner ist maßgeblich durch die Konsumbereitschaft der gesellschaftlichen Akteure bedingt. Die hier zugrunde liegende Forschungsfrage könnte lauten: Haben die Produktion und der Konsum von sozialen Robotern einen Nutzen für die Allgemeinheit?

Ausblick 5: „Gesellschaftliche Randbedingungen“ der Mensch-Roboter-Kommunikation

Nach BADURA ist ein Kommunikationsprozess durch gesellschaftliche Randbedingungen, nämlich Kommunikationssituation, Informationsniveau, Emotiver Erlebnishorizont und Interessen, beeinflusst. Interessant erscheint in diesem Zusammenhang, ob die

gesellschaftlichen Randbedingungen für eine Mensch-Roboter-Kommunikation überhaupt gegeben sind. Und ob eine Änderung der Randbedingungen den Kommunikationsprozess verbessern würde.

Literaturverzeichnis

Bartneck, C., & Forlizzi, J. (2004). Shaping Human-Robot Interaction - Understanding the Social Aspects of Intelligent Robotic Products. *Conference on Human Factors in Computing Systems archive (CHI '04)* (S. 1731 - 1732). Wien, Austria: ACM New York, USA.

Bartneck, C., Croft, E., Kulic, D., & Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived Safety of Robots. *International Journal of Social Robotics, Vol. 1, No. 1*, S. 71-81.

Bauer, A., Gonsior, B., Wollherr, D., & Buss, M. (2009). Heuristic Rules for Human-Robot Interaction Based on Principles from Linguistics - Asking for Directions. *AISB Convention - Symposium on New Frontiers in Human-Robot Interaction*, S. 24-30.

Billard, A. (2003). Robota: clever toy and educational tool. *Robotics and Autonomous Systems, Volume 42, Issues 3-4*, S. 259-269.

Breazeal, C. (2003). Toward sociable robots. *Robotics and Autonomous Systems* (42), S. 165-175.

Burkart, R. (2002). *Kommunikationswissenschaft. Grundlagen und Problemfelder. Umriss einer interdisziplinären Sozialwissenschaft*. Wien, Köln: Böhlau/UTB.

Dautenhahn, K. (1995). Getting to Know Each Other - Artificial Social Intelligence for Autonomous Robots. *Robotics and Autonomous Systems* (16), S. 333-356.

Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction. *Philos Trans R Soc. Lond B Biol Sci* 362, S. 679-704.

Dautenhahn, K., & Billard, A. (1999). Bringing up robots or—the psychology of socially intelligent robots: from theory to implementation. *International Conference on Autonomous Agents* (S. 366-367). Seattle, Washington, United States: ACM.

Dautenhahn, K., & Billard, A. (1999). Bringing up robots or—the psychology of socially intelligent robots: From theory to implementation. *Proceedings of the third annual conference on Autonomous Agents*, S. 366-367.

Dautenhahn, K., & Ogden, B. Q. (2002). From embodied to socially embedded agents – Implications for interaction-aware robots. *Cognitive Systems Research* 3, S. 397-428.

Dautenhahn, K., & Ogden, B. (2000). Robotic Etiquette: Structured Interaction in Humans and Robots. *SIRS Symposium on Intelligent Robotic Systems*, S. 353-361.

DiSalvo, C., Gemperle, F., Forlizzi, F., & Kiesler, S. (2002). All robots are not created equal: the design and perception of humanoid robot heads. *Proceedings of the conference on Designing interactive systems* (S. 321-326). New York, USA: ACM Press.

- Duffy, B. R. (2003). *Anthropomorphism and The Social Robot*. Dublin 8, Ireland: Media Lab Europe, Sugar House Lane.
- Duffy, B. R., & Joue, G. (2005). The Paradox of Social Robotics: A Discussion. *AAAI Fall 2005 Symposium on Machine Ethics* (S. 1-2). Hyatt Regency Crystal City, Arlington, Virginia : AAAI.
- Duffy, B., Rooney, C., O'Hare, G., & O'Donoghue, R. (2000). *What is a Social Robot?* Belfield, Ireland: PRISM Laboratory, Dept. of Computer Science, University College Dublin (UCD).
- Echterhoff, G.; Bohner, G.; Siebler, F: (2006). "Social Robotics" und Mensch-Maschine-Interaktion. Aktuelle Forschung und Relevanz für die Sozialpsychologie. In *Zeitschrift für Psychologie*, 37 (4), 2006, S. 219-231
- Engelhardt, K., & Edwards, R. (1992). Human robot integration for service robotics. In W. K. Mansour Rahimi, *Human-Robot Interaction* (S. 315-346). London, UK: Taylor & Francis Ltd.
- Feil-Seifer, D., & Mataric, M. J. (2005). Defining Socially Assistive Robotics. *Proceedings of the 2005 IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics* , S. 465-468.
- Fong, T., Nourbakhsh, I., & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems* (42), S. 143–166.
- Fong, T., Nourbakhsh, I., & Dautenhahn, K. (2003). A Survey of Socially Interactive Robots: Concepts, Design, and Applications. *Robotics and Autonomous Systems* 42 , S. 143–166.
- Fong, T., Thorpe, C., & Baur, C. (2003). Collaboration, Dialogue, and Human-Robot Interaction. *Robotics Research, Volume 6* , S. 255-266.
- Gieselmann, P., & Stenneken, P. (2006). P. Gieselmann, P. Stenneken, How to talk to robots: Evidence from user studies on human-robot communication. *Proceedings of the Workshop on How People Talk to Computers, Robots, and other Artificial Communication Partners* , S. 1-6.
- Habermas, J. (1971): Vorbereitende Bemerkungen zu einer Theorie der kommunikativen Kompetenz. In: Habermas/Luhmann 1971, S. 101-141
- Hanson, D., Olney, A., Pereira, I. A., & Zielke, M. (2005). Upending the uncanny valley. *AAAI Conference On Artificial Intelligence Archive* , S. 1728-1729.
- Heerink, M., B. Kröse, B., Wielinga, B., & Evers, V. (2006). Studying the acceptance of a robotic agent by elderly users. *International Journal of Assistive Robotics and Mechatronics* , S. 25–35.
- Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., & Wielinga, B. (2007). Observing conversational expressiveness of elderly users interacting with a robot and screen agent. *IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics ICORR 2007* , S. 751-756.
- Hegel, F., Krach, S., Kircher, T., Wrede, B., & Sagerer, G. (2008). Understanding Social Robots: A User Study on Anthropomorphism. In *Proc. Int. Symposium on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2008)*, (S. 574 - 579). München, Deutschland.

- Hegel, F., Lohse, M., Swadzba, A., Wachsmuth, S., Rohlfing, K., & Wrede, B. (2007). Classes of Applications for Social Robots: A User Study. *Proceedings of International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (S. 938-943). Jeju Island, Korea: IEEE.
- Hegel, F., Muhl, C., Wrede, B., Hielscher-Fastabend, M., & Sagerer, G. (2008). Understanding social robots: A user study on anthropomorphism. *Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN 2008. The 17th IEEE International Symposium* , S. 574 - 579.
- Junker, T. (2006). *Die Evolution des Menschen*. München: C.H.Beck.
- Kanda, T., Hayashi, K., Sakamoto, D., Shiomi, M., Koizumi, S., Ishiguro, H., et al. (2007). Humanoid robots as a passive-social medium: a field experiment at a train station. *Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction* , S. 137-144.
- Kanda, T., Sakamoto, D., Hayashi, K., Shiomi, M., Koizumi, S., Ishiguro, H., et al. (2009). Humanoid Robots as a Broadcasting Communication Medium in Open Public Spaces. *International Journal of Social Robotics, Volume 1, Number 2* , S. 157-169.
- Khan, Z. (1998). *Attitudes towards Intelligent Service Robots*. Stockholm: IPLab, KTH.
- Kidd, C. D., Taggart, W., & Turkle, S. (2006). A Sociable Robot to Encourage Social Interaction Among the Elderly. *Submitted to 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Orlando, FL, USA* .
- Lansdale, M., & Ormerod, T. (1994). *Understanding interfaces: a handbook of human-computer dialogue*. San Diego, US: Academic Press Series In Computers And People.
- MacDorman, K. F. (2005). Androids as an experimental apparatus: Why is there an uncanny valley and can we exploit it? *Proceedings Of the Cognitive Science Society Workshop: Toward Social Mechanisms of Android Science* , S. 106-118.
- MacDorman, K. F., & Ishiguro, H. (2006). The uncanny advantage of using androids in cognitive and social science research. *Interaction Studies, Volume 7, Number 3* , S. 297-337.
- MacDorman, K. F., Ho, C.-C., & Pramono, D. Z. (2008). Human emotion and the uncanny valley: a GLM, MDS, and Isomap analysis of robot video ratings. *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Proceedings of the 3rd ACM/IEEE international conference on Human robot interaction* , S. 169-176.
- MacDormanc, K. F. (2006). Subjective ratings of robot video clips for human likeness, familiarity, and eeriness: An exploration of the uncanny valley. *ICCS/CogSci-2006 Long Symposium: Toward Social Mechanisms of Android Science* .
- Nass, C., & Reeves, B. (1996). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Nass, C., Steuer, J., & Tauber, E. R. (1994). Computers are social actors. *Conference on Human Factors in Computing Systems* (S. 72 - 78). Boston, Massachusetts, United States: ACM.

- Severinson-Eklundh, K., Green, A., & Hüttenrauch, H. (2003). Social and collaborative aspects of interaction with a service robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4) , S. 223– 234.
- Sheridan, T. (1997). Eight ultimate challenges of human-robot communication. *IEEE International Workshop on Robot and Human Communication* .
- Shinozawa, K., Reeves, B., Wise, K., Maldonado, H., & Naya, F. (2003). Robots as New Media: A Cross-Cultural Examination of Social and Cognitive Responses to Robotic and On-Screen Agents. *Paper presented at the annual meeting of the International Communication Association, San Diego* , S. 2-16.
- Stiehl, W. D., Lee, J. K., Toscano, R., & Breazeal, C. (2008). The Huggable: A Platform for Research in Robotic Companions for Eldercare. *AAAI Fall Symposium on AI in Eldercare, Washington, D.C* .
- Takeda, H. (1997). Towards ubiquitous humanrobot interaction. *Working Notes for IJCAI-97 Workshop on Intelligent Multimodal Systems*.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davi, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS QUART*, 27 (3) , S. 425-478.
- Watzlawick, P. ; Beavin, J; Jackson, D. D. (1969): Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien. Bern-Stuttgart.
- Weber, J., & Bath, C. (2004). Sozialität mit Maschinen. Oder: Wie kommt Geschlecht in Software-Agenten und Roboter hinein? *Vortrag auf dem Kongreß Frauen in Naturwissenschaften und Technik* . Winterthur.
- Whiten, A., & Byrne, R. W. (1988). *Machiavellian intelligence: social expertise and the evolution of intellect in monkeys, apes, and humans*. Oxford: Clarendon Press.
- Wiener, N. (1950). *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*. Boston: MA: Houghton Mifflin.
- Yanko, H. A., & Drury, J. (2004). Classifying Human-Robot Interaction: An Updated Taxonomy. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (3), S. 2841 - 2846.
- Zhao, S. (2006). Humanoid social robots as a medium of communication. *New Media & Society* , Vol. 8 (No. 3), S. 401-419.
- MORI, M. (1970): *Bukimi no tani [The uncanny valley]*. *Energy* 7(4), 1970 - S. 33-35. Translated version: MACDORMAN, Karl F.; MINATO, Takashi: Appendix B of *Androids as an Experimental Apparatus – Why Is There an Uncanny Valley and Can We Exploit It?*. In: Proceedings of „Toward Social Mechanisms of Android Science“ - A CogSci-2005 Workshop.
- Internetquellen:
- http://www.youtube.com/watch?v=ilmDN2e_Flc
- <http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/mds/overview/overview.html>

von <http://www.unipark.info/>

<http://www.spss.com/de/articles/archiv/p0906.htm>

<http://eng.kitech.re.kr/>. (05. Dezember 2009).

http://eportal.bmbwk.gv.at/portal/page?_pageid=93,499528&_dad=portal&_schema=PORTAL&E1aufgeklappt=4. (2010). Abgerufen am 16. März 2010 von http://eportal.bmbwk.gv.at/portal/page?_pageid=93,499528&_dad=portal&_schema=PORTAL&E1aufgeklappt=4

<http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/autom/overview/overview.html>. (05. Dezember 2009).

<http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/leonardo/overview/overview.html>. (05. Dezember 2009).

<http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/mds/overview/overview.html>. (05. Dezember 2009).

<http://support.sony-europe.com/aibo/index.asp?language=de>. (05. Dezember 2009).

<http://www.aldebaran-robotics.com/eng/>. (05. Dezember 2009).

<http://www.irc.atr.jp/Geminoid/>. (05. Dezember 2009).

<http://www.is.sys.es.osaka-u.ac.jp/index.en.html>. (5. Dezember 2009).

<http://www.kokoro-dreams.co.jp/english/robot/act/der2.html>. (05. Dezember 2009).

http://www.youtube.com/watch?v=ilmDN2e_Flc&feature=related. (kein Datum). Abgerufen am 30. November 2009

http://www.youtube.com/watch?v=M3tcSIWLS_g. (kein Datum). Abgerufen am 30. November 2009

Anhang

Anhang A: Abstract

Das junge und wachsende Forschungsfeld der „sozialen Robotik“ bildet den Bedarf nach kommunikationswissenschaftlichen Zugängen in der Mensch-Roboter-Interaktion ab. Ziel der vorliegenden Studie war in Anlehnung an das UTAUT-Modell empirisch zu messen, ob Roboter als Gesprächspartner akzeptiert werden und ob Menschenähnlichkeit und Kommunikationsfähigkeit Einfluss auf die Gesprächsakzeptanz von Robotern haben. Es wurde eine experimentelle Online-Befragung mit n=783 zufällig gezogenen Studenten im Dezember 2009 durchgeführt, die per Zufallstrigger in zwei unterschiedlich manipulierte Versuchsräume geleitet wurden. In der Experimentalgruppe wurde ein 50-Sekunden-Video mit dem kommunikationsfähigen, menschenähnlichen Roboter Actroid-DER2 gezeigt, und in der Kontrollgruppe wurde ein nicht kommunikationsfähiger Tierroboter Leonardo gezeigt. Es stellte sich heraus, dass Menschenähnlichkeit Einfluss auf die Kommunikationsbereitschaft und Kommunikationsfähigkeit Einfluss auf die Performance, den Aufwand, den sozialen Einfluss und die Bedingungen hatte. Allerdings konnte kein Zusammenhang zwischen der Kommunikationsfähigkeit und der Kommunikationsabsicht nachgewiesen werden. Die Gesprächsakzeptanz hing somit nicht von der Kommunikationsfähigkeit und der Menschenähnlichkeit von Robotern ab. Für 32,6 % der Befragten konnte der Einfluss folgender Variablen auf die Gesprächsakzeptanz gemessen werden: Sympathie, Kommunikationsbedingungen, Kommunikationsperformance und sozialer Einfluss. Fazit: damit Roboter gesellschaftlich als Gesprächspartner akzeptiert werden können, bedarf es Strategien, die einen öffentlichen Nutzen, also einen Nutzen für die Allgemeinheit haben. Um dies zu erreichen, muss die Rolle des Roboters als Gesprächspartner definiert und seine Funktionen (Informationspotential) konkretisiert werden.

Schlüsselwörter:

Social Robotics, Roboter, Mensch-Roboter-Kommunikation, Uncanny Valley, Soziale Distanz, Kommunikatives Handeln, Kommunikationsakzeptanz, UTAUT

Anhang B: Roboter



Abbildung 37: Roboter ReplieeQ1 Expo¹⁷⁸

Abbildung 38: Roboter Autom¹⁷⁹



Abbildung 39: Roboter EveR-1¹⁸⁰

Abbildung 40: Roboter Aibo¹⁸¹



Abbildung 41: Roboter Hrp4c

Abbildung 42: Roboter Nexi¹⁸²

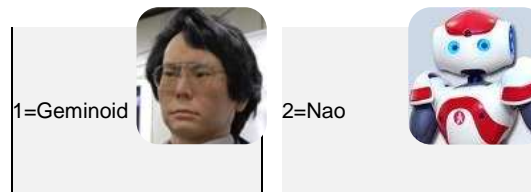


Abbildung 43: Roboter Geminoid¹⁸³

Abbildung 44: Roboter Nao¹⁸⁴

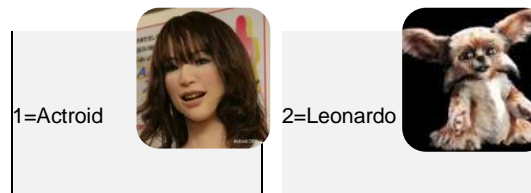


Abbildung 45: Roboter ActroidDER-2¹⁸⁵

Abbildung 46: Roboter Leonardo¹⁸⁶

¹⁷⁸ Quelle: (<http://www.is.sys.es.osaka-u.ac.jp/index.en.html>, 2009)

¹⁷⁹ Quelle: (<http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/autom/overview/overview.html>, 2009)

¹⁸⁰ Quelle: (<http://eng.kitech.re.kr/>, 2009)

¹⁸¹ Quelle: (<http://support.sony-europe.com/aibo/index.asp?language=de>, 2009)

¹⁸² Quelle: (<http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/mds/overview/overview.html>, 2009)

¹⁸³ Quelle: (<http://www.irc.atr.jp/Geminoid/>, 2009)

¹⁸⁴ Quelle: (<http://www.aldebaran-robotics.com/eng/>, 2009)

Anhang C: Codebuch












V. Art	Hypo	Merkmal	FB-Seit	Code	Messung (Items/ Itembatterien)	Merkmalsausprägung niedrig	Merkmalsausprägung hoch	SKALA		
KV		Anfang	3		Liebe Umfrageteilnehmerin, lieber Umfrageteilnehmer, vielen Dank, dass Sie sich Zeit für die Befragung nehmen. Im Rahmen meiner Magisterarbeit, die ich an der Universität Wien verfasste, führe ich eine Umfrage zum Thema Mensch-Roboter-Kommunikation durch. Ich bitte Sie hierfür Ihre Lautsprecher einzuschalten, damit Sie sich die Videos ansehen und die dazu gehörenden Fragen beantworten können. Mit der vollständigen Durchführung dieser Befragung helfen Sie mir interessante Daten für meine Untersuchung zu erheben. Ich bitte Sie daher, die Befragung nicht abzubrechen. Die Beantwortung des Fragebogens wird ca. 10 - 15 Minuten Ihrer Zeit in Anspruch nehmen. Aleksandra Savicic					
		Bild	4	v_213	 <p>Können Sie die Roboter auf dem Bild erkennen?</p>	1=ja	2=nein	Nominal		
		Ausschussfilter	4,1		Leider können Sie nicht an der Umfrage teilnehmen.					
IV	F1: Uncanny Valley	Roboterranking ReplieeQ+Autom	5	v_185	Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=ReplieeQ 	2=Autom 	Nominal		
		FILTER Roboterwahrnehmung Repliee + Autom								
		Anthropomorphisierung (Anthropomorphism)		v_311 v_321	Bitte bewerten Sie den Roboter anhand folgender Skalen.	1=maschinähnlich	7=menschenähnlich	Intervall		
		Kommunikationsfähigkeit (Animacy)		v_312 v_322		1=unkommunikativ	7=kommunikativ			
		Sympathie	5.1	v_313 v_323		1=unsympathisch	7=sympathisch			
		Intelligenz (Perceived Intelligence)	5.2	v_314 v_324		1=unintelligent	7=intelligent			
		Sicherheit (Perceived Security)		v_315 v_325		1=bedrohlich	7=friedlich			
		Roboterranking EveR1+Aibo	6	v_198	Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=EveR 	2=Aibo 	Nominal		
		FILTER Roboterwahrnehmung EveR + Aibo je nach Userauswahl								
		Anthropomorphisierung (Anthropomorphism)		v_316 v_260	Bitte bewerten Sie den Roboter anhand folgender Skalen.	1=maschinähnlich	7=menschenähnlich	Intervall		
		Kommunikationsfähigkeit (Animacy)		v_317 v_261		1=unkommunikativ	7=kommunikativ			
		Sympathie	6.1	v_318 v_262		1=unsympathisch	7=sympathisch			
		Intelligenz (Perceived Intelligence)	6.2	v_319 v_263		1=unintelligent	7=intelligent			
		Sicherheit (Perceived Security)		v_320 v_264		1=bedrohlich	7=friedlich			
		Roboterranking Hrp4c+Leonardo	7	v_197	Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=Hrp4c 	2=Nexi 	Nominal		
FILTER Roboterwahrnehmung Hrp4c + Nexi je nach Userauswahl										
Anthropomorphisierung (Anthropomorphism)		v_326 v_265	Bitte bewerten Sie den Roboter anhand folgender Skalen.	1=maschinähnlich	7=menschenähnlich	Intervall				
Kommunikationsfähigkeit (Animacy)		v_327 v_266		1=unkommunikativ	7=kommunikativ					
Sympathie	7.1	v_328 v_267		1=unsympathisch	7=sympathisch					
Intelligenz (Perceived Intelligence)	7.2	v_329 v_268		1=unintelligent	7=intelligent					
Sicherheit (Perceived Security)		v_330 v_269		1=bedrohlich	7=friedlich					
Roboterranking Geminoid+Nao	8	v_186	Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=Geminoid 	2=Nao 	Nominal				
FILTER Roboterwahrnehmung Geminoid + Nao										
Anthropomorphisierung (Anthropomorphism)		v_331 v_270	Bitte bewerten Sie den Roboter anhand folgender Skalen.	1=maschinähnlich	7=menschenähnlich	Intervall				
Kommunikationsfähigkeit (Animacy)		v_332 v_271		1=unkommunikativ	7=kommunikativ					
Sympathie	8.1	v_333 v_272		1=unsympathisch	7=sympathisch					
Intelligenz (Perceived Intelligence)	8.2	v_334 v_273		1=unintelligent	7=intelligent					
Sicherheit (Perceived Security)		v_335 v_274		1=bedrohlich	7=friedlich					
Roboterranking ActroidDER1+Nexi	9	v_109	Mit welchem der beiden Roboter würden Sie eher kommunizieren wollen?	1=Actroid 	2=Leonardo 	Nominal				
KV		Lautsprecher	10		Bitte schalten Sie Ihre Lautsprecher ein. Es folgt nun ein Video von einem Roboter, der kommuniziert.					
11.1/ 12.1 ZUFALLSTRIGGER VIDEO: Nicht sprechender tierähnlicher Roboter Leonardo (Kontrollgruppe) vs. Sprechender menschenähnlicher Roboter Actroid DER-2 (Experimentalgruppe)										

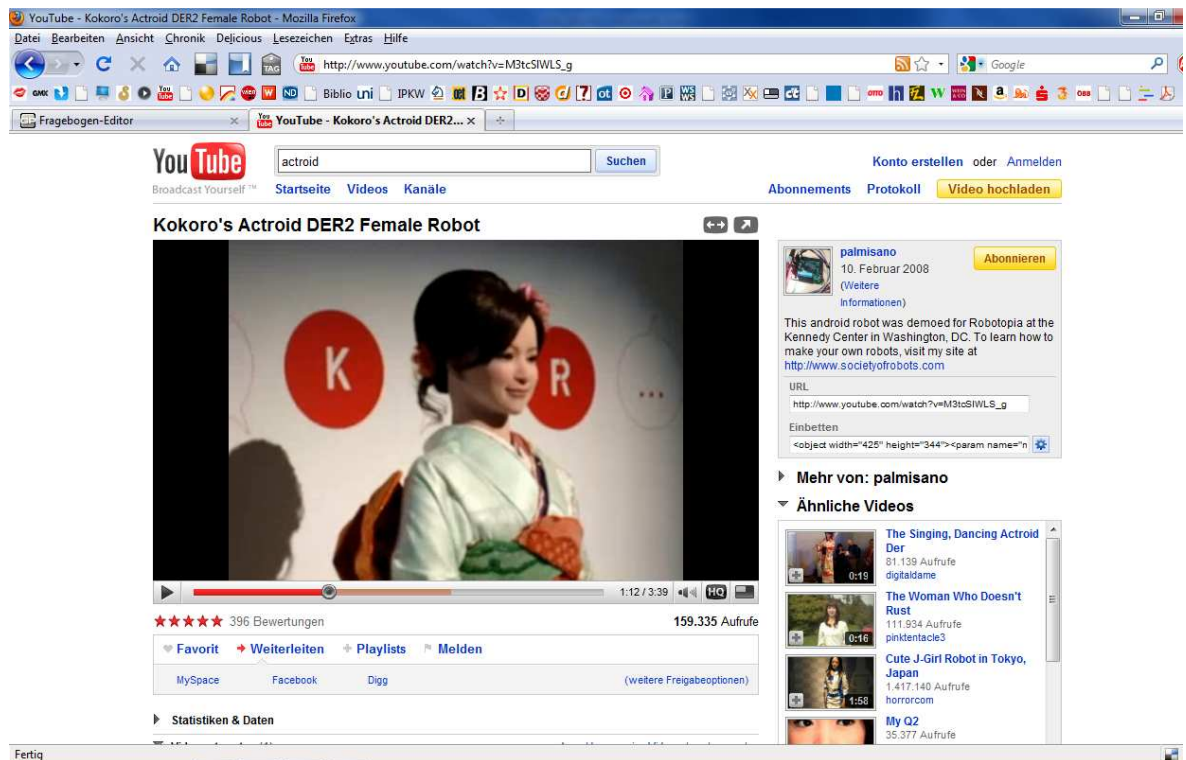
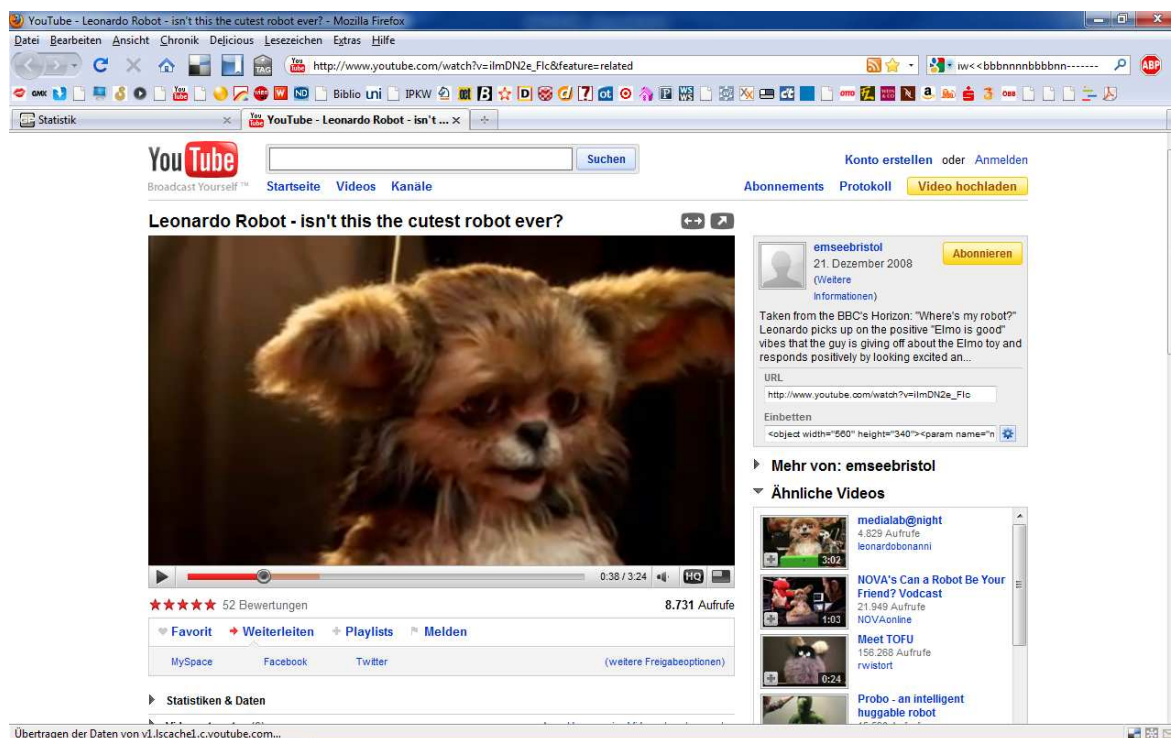
Tabelle 10: Codebuch Teil 1

185 Quelle: (<http://www.kokoro-dreams.co.jp/english/robot/act/der2.html>, 2009)

186 Quelle: (<http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/leonardo/overview/overview.html>, 2009)

11.1/ 12.1 ZUFALLSTRIGGER VIDEO: Nicht sprechender tierähnlicher Roboter Leonardo (Kontrollgruppe) vs. Sprechender menschenähnlicher Roboter Actroid DER-2 (Experimentalgruppe)								
IV	F1: Uncanny Valley	Anthropomorphisierung (Anthropomorphism)	v. 280 v. 275	Bitte bewerten Sie den Roboter anhand folgender Skalen.	1=maschinenähnlich	7=menschenähnlich	Intervall	
		Kommunikationsfähigkeit (Animacy)	v. 281 v. 276		1=unkommunikativ	7=kommunikativ		
		Sympathie	v. 282 v. 277		1=unsympathisch	7=sympathisch		
		Intelligenz (Perceived Intelligence)	v. 283 v. 278		1=unintelligent	7=intelligent		
		Sicherheit (Perceived Security)	v. 284 v. 279		1=bedrohlich	7=friedlich		
UV	F3: Performance	Kommunikationsperformance Erwartung (performance expectancy)	v. 23 v. 285	Die Kommunikation mit dem Roboter zahlt sich aus.	1=trifft überhaupt nicht zu	7=trifft voll zu	Intervall	
			v. 24 v. 286	Die Kommunikation mit dem Roboter ist hilfreich.				
UV	F4: Aufwand	Kommunikationsaufwand Erwartungen (effort expectancy)	v. 25 v. 287	Die Kommunikation mit dem Roboter ist von Nutzen.	1=trifft überhaupt nicht zu	7=trifft voll zu	Intervall	
			v. 143 v. 288	Die Kommunikation mit dem Roboter ist zeitaufwendig.				
			v. 144 v. 289	Die Kommunikation mit dem Roboter ist mühsam.				
UV	F5: Sozialer Einfluss	Sozialer Kommunikationseinfluss (social influence)	v. 148 v. 291	Menschen, die mein Verhalten beeinflussen (z.B. Chef), würden es begrüßen, wenn ich mit Robotern kommuniziere.	1=trifft überhaupt nicht zu	7=trifft voll zu	Intervall	
			v. 149 v. 292	Menschen, die mir wichtig sind (z.B. Familie), würden es cool finden, wenn ich mit Robotern kommuniziere.				
			v. 150 v. 293	In meinem nahen Umfeld wird mit Robotern kommuniziert.				
UV	F2: Bedingungen	Kommunikationsbedingungen (Facilitating Conditions)	v. 221 v. 294	Ich habe nicht das Wissen, um mich mit dem Roboter zu unterhalten.	1=trifft überhaupt nicht zu	7=trifft voll zu	Intervall	
			v. 222 v. 295	Ich habe kein Thema, über das ich mich mit dem Roboter unterhalten kann.				
			v. 223 v. 296	Ich habe kein Interesse daran mit dem Roboter zu sprechen.				
			v. 254 v. 297	Ich habe keinen Zweck, um mich mit dem Roboter zu unterhalten.				
			v. 214 v. 298	Ich würde den Roboter in meine Familie aufnehmen.				
UV	F6: Soziale Distanz	Soziale Distanz	v. 215 v. 299	Ich würde den Roboter in meinen persönlichen Freundeskreis aufnehmen.	1=trifft überhaupt nicht zu	7=trifft voll zu	Intervall	
			v. 216 v. 300	Ich würde den Roboter als meinen Nachbar akzeptieren.				
			v. 217 v. 301	Ich würde den Roboter als Kollegen an meinem Arbeitsplatz dulden.				
			v. 218 v. 302	Ich würde den Roboter als vollwertiges Mitglied unserer Gesellschaft akzeptieren.				
			v. 219 v. 303	Ich würde den Roboter nur als Maschine in meinem Land dulden.				
			v. 220 v. 304	Ich würde den Roboter aus meinem Land vertreiben.				
			v. 44 v. 305	Ich plane mir einen kommunikativen Roboter zu kaufen.				
AV	F7: Akzeptanz	Kommunikationsabsicht (intention to use)	v. 341 v. 306	Ich werde einen Roboter auf meine Wunschliste setzen.	1=trifft überhaupt nicht zu	7=trifft voll zu	Intervall	
			v. 227 v. 307	Ich würde mich gerne einmal mit einem Roboter unterhalten.				
KV	RE	Robotererfahrung	v. 7 v. 310	Sind Sie in der Robotik/ Robotikforschung tätig? Wenn ja, wo?	1=nein	2=ja+Text	Nominal	
KV	Soziodemographie	Geschlecht	v. 161	Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.	1=männlich	2=weiblich	Nominal	
			Alter	v. 91	Bitte geben Sie Ihr Alter ein.			Verhältnis
		Bildung	v. 95 v. 113	Bitte geben Sie Ihre höchste abgeschlossene Bildung an.	1=Abgeschlossenes Studium (Universität/ FH) 2=Matura (AHS/ BHS) 3=Lehre 4=Grundschule 5=kein Abschluss 6=Sonstiges			Nominal
			Beruf	v. 93 v. 112	Bitte geben Sie Ihren Beruf an.	1=Angestellter/e 2=Arbeiter/in 3=Beamter/in 4=Vertragsbediensteter/e 5=Freier/e Dienstnehmer/in 6=Selbständig ohne Arbeitnehmer 7=Selbständig mit Arbeitnehmer 8=In Pension 9=Hausfrau/ Hausmann 10=Berufstätige/r Student/in 11=Nicht berufstätige/r Student/in 12=Nicht berufstätig 13=Arbeitslos/Arbeitssuchend 14=Sonstiges		
		Ende		17	Vielen Dank, dass Sie an der Befragung teilgenommen haben. Wenn Sie Fragen zu dieser Untersuchung oder Interesse an den Ergebnissen haben, schreiben Sie mir bitte eine Email an a0305617@unet.univie.ac.at			

Tabelle 11: Codebuch Teil 2

Abbildung 47: YouTube-Video ActroidDER-2¹⁸⁷

Abbildung

48:

YouTube-Video

Leonardo¹⁸⁸

¹⁸⁷ Quelle: (http://www.youtube.com/watch?v=M3tcSIWLS_g)

¹⁸⁸ Quelle: (http://www.youtube.com/watch?v=ilmDN2e_Flc&feature=related)

Anhang E: Akademischer Lebenslauf

Persönliches

Titel: Bakk.phil.
Name: Aleksandra Savicic
Geburtsdatum: 16.01.1984
Geburtsort: Bugojno, BiH
Familienstand: ledig
Staatsbürgerschaft: österreichisch

Kontakt

Universität: Universität Wien
Betreuendes Institut: Publizistik- und Kommunikationswissenschaft
Adresse: A-1080 Wien
Telefon: +43 | 699 19107300
Email: a0305617@unet.univie.ac.at

Ausbildung

seit 03 | 2007: Masterstudium Publizistik- und Kommunikationswissenschaft
seit 03 | 2007: Bachelorstudium Wirtschaft- und Sozialwissenschaften
12 | 2006: Erfolgreicher Bakk.phil. Studienabschluss
10 | 2003 – 12 | 2006: Bakkalaureatsstudium Publizistik- und Kommunikationswissenschaft
09 | 1995 – 07 | 2003: Bundesgymnasium Steyr
09 | 1991 – 07 | 1995: Volksschule Reichraming

Publikationen

2005: „Intranet vs. Mitarbeiterzeitschrift“
ISBN: 978-3-640-07888-2

2005: Nachhaltige Wochen - Praxisbeispiel

2006: „Wissenschaft im Fernsehen am Beispiel des Magazins Newton“ ISBN: 978-3-638-53279-2

„CSR in KMUs“

2007: „Einfluss von Product Placement auf das Konsumverhalten“ ISBN: 978-3-638-86292-9

2007: „Einfluss der Reichspost auf den Anschluss 1933 – 1938“