

DISSERTATION

Das Zuhause als Ort sozialer Roboter

Ko-Konstitution sozialer Räume durch Assistenzsysteme

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Doktors
der Technischen Architektur unter der Leitung von**

Univ.Prof. Dr.phil. Vera Bühlmann

E259-04 - Forschungsbereich Architekturtheorie und Technikphilosophie
Institut für Architekturwissenschaften

Begutachtung durch

Univ.Prof. Sabine Köszegi

Forschungsbereich Arbeitswissenschaft und Organisation, TU Wien

und

Univ.Prof. Martina Mara

LIT Robopsychology Lab, JKU Linz

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

DI DI Benjamin Stangl

0425486

benjamin@stangl.eu

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass die vorliegende Arbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen von mir selbstständig erstellt wurde. Alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, sind in dieser Arbeit genannt und aufgelistet. Die aus den Quellen wörtlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Das Thema dieser Arbeit wurde von mir bisher weder im In- noch Ausland einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt. Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachterinnen/Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

Wien, am 16. August 2019

Danksagung

An erster Stelle möchte ich Dr. Oliver Schürer für die motivierende und konstruktive Unterstützung danken sowie dafür, dass er das Forschungsvorhaben von Beginn an begleitet und mir die notwendigen Freiräume bei der Entwicklung eingeräumt hat. Seine Vorschläge und Ideen haben maßgeblich zur Umsetzung dieser Arbeit beigetragen.

Ein herzlicher Dank gilt den weiteren Kollegen der Forschungsgruppe H.A.U.S. (**H**umanoids in **A**rchitecture and **U**rban **S**paces) Mag. Christoph Hubatschke und Dr. Christoph Müller für den fachlichen und freundschaftlichen Austausch über die letzten Jahre.

Danken möchte ich auch Prof. Dr. Vera Bühlmann, Leiterin des Forschungsbereichs Architekturtheorie und Technikphilosophie, für die Möglichkeit die Dissertation an ihrem Fachbereich durchzuführen.

Ein besonderer Dank geht an meine Eltern und meine Frau Hanna, die mich stets liebevoll und geduldig unterstützt und meine Arbeit Korrektur gelesen haben.

Das Zuhause als Ort sozialer Roboter
Ko-Konstitution sozialer Räume durch Assistenzsysteme

Benjamin Stangl
2019

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	9
Abstract	11
1. Einleitung	13
1.1. Interdisziplinäres Forschungsfeld	15
1.2. Bestandsaufnahme: Soziale Roboter für das Zuhause	16
1.3. Persönlicher Zugang	21
2. Forschungsfragen	23
2.1. Aufbau	26

Abschnitt I: Aufbereitung des Forschungsfeldes

3. Begriffsbestimmungen.....	29
3.1. Roboter und soziale Roboter	29
3.2. Assistenzsysteme	31
3.3. Gebäudetechnik, Heimautomation, smart home	33
3.4. Sozialer Raum	34
4. Theorien und Diskurse.....	36
4.1. Handlungsträgerschaft von Technik	36
4.2. Raum und sozialer Raum	39
4.3. Mensch-Roboter-Interaktion	44
5. Wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Hintergrund	50
5.1. Historische Aspekte: Automaten und Roboter	50
5.2. Der Begriff des sozialen Roboters	52
5.3. Anwendungsbereiche der Robotik	53
5.4. Robotik und der demografische Wandel	56
5.5. Interkulturelle Unterschiede in der Einstellung zu Robotern	59
5.6. Entwicklung und Verbreitung von Technologien in Haushalten	63
5.7. Anthropomorphismus und der Uncanny Valley	69
5.8. Europäische und internationale Initiativen zur Robotik und KI	78
5.9. Fiktionale Roboter in Filmen, Serien und anderen Medien	83

5.10. Logistik, verteiltes Handeln und die Organisation von Lagerräumen	94
5.11. Robotik und KI als wachsender Wirtschaftszweig	97
5.12. Welche Zukunft wollen wir haben?	100
5.13. Erste Zwischenbilanz zum Forschungsfeld der sozialen Robotik	109
6. Perspektiven auf die Entwicklung und Nutzung sozialer Roboter	112
6.1. Habitat, Domestizierung und Anpassung	113
6.2. Bedarf und Akzeptanz	117
6.3. Künstlerische Ansätze zur Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion	118
6.4. Inklusiver Ansatz der Technikentwicklung	131
6.5. Assistenzroboter im Wohn- und Pflegebereich	134
6.6. Workshop zu den Aufgaben eines Assistenzroboters	139
6.7. Soziale Roboter und zwischenmenschliche Beziehungen	143

Abschnitt II: Entwicklung der Theorie

7. Technik als Handlungsträger.....	150
7.1. Verteiltes und gradualisiertes Handlungskonzept	150
7.2. Soziale Roboter als Handlungsträger	153
8. Ko-Konstitution sozialer Räume durch soziale Roboter.....	156
8.1. Sozialer Raum als Anordnungs- und Wahrnehmungsprozess	158
8.2. Dimensionen der Konstitution sozialer Räume	160
8.3. Prozesse der Ko-Konstitution sozialer Räume durch Roboter	164
8.4. Zweite Zwischenbilanz zur Ko-Konstitution sozialer Räume	170

Abschnitt III: Anwendungsfelder

9. Wohnumgebungen und soziale Roboter	173
9.1. Infrastrukturen in Wohnumgebungen	175
9.2. Wohnräume als Anwendungsbereiche sozialer Roboter	179
9.3. Soziale Roboter und Heimautomation: Parallelen und Unterscheide	183
10. Assistenzraum Küche: Architektonischer Raum und soziales System...	190
10.1. Gestaltung und Organisationsformen der Küche	193
10.2. Die Küche als technologischer Assistenzraum	208

Abschnitt IV: Anknüpfungspunkte für die Praxis

11. Dimensionen der Ko-Konstitution sozialer Räume	213
11.1. Materiale Verschränkung von Technik und Raum	214
11.2. Handlungsbezug von Technik und Raum	215
11.3. Synthese von Räumen durch Technik	217
11.4. Atmosphärische Verschränkung von Technik und Raum	217
12. Zusammenfassung und Diskussion	220
12.1. Zusammenfassung	220
12.2. Diskussion und Ausblick	222
Abkürzungsverzeichnis.....	225
Literaturverzeichnis.....	226
Tabellenverzeichnis	242
Abbildungsverzeichnis	243
Anhang	249
Hacks: Mikro-Projekte mit humanoiden Robotern	249
Publikationen und Vorträge	254
Lebenslauf	256

Kurzfassung

Technik hält in immer mehr Produkte, Dienstleistungen und Orte des privaten Lebens Einzug. Fortschritte im Bereich der Robotik und der künstlichen Intelligenz bereiten den Weg zu konkreten Anwendungen in menschlichen Lebensräumen. Zukünftig sollen soziale Roboter Aufgaben in Wohnräumen übernehmen, etwa als Komponente der Heimautomation, als Unterstützer von Routinetätigkeiten im Haushalt oder als Assistenzsysteme für ältere Menschen.

Die soziale Robotik ist ein Innovationsfeld, in dem technische, soziale, ethische, wirtschaftliche und rechtliche Fragestellungen verhandelt werden. Die aktuellen Diskurse in der sozialen Robotik und der Architektur haben sich bislang kaum gegenseitig rezipiert. Sie finden größtenteils unabhängig voneinander und ohne Bezugspunkte zueinander statt. Diese Arbeit entwickelt aus theoretischen und praktischen Ansatzpunkten eine räumliche Perspektive auf das interdisziplinäre Forschungsfeld der sozialen Robotik. Am Beispiel sozialer Roboter werden die Handlungszusammenhänge soziotechnischer Konstellationen aus Mensch und Maschine in ihrem Verhältnis zu sozialen Räumen untersucht. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf privaten Wohnräumen, da diese durch ein verstärktes Interesse an Heimautomation und altersgerechten Assistenzsystemen im Fokus aktueller Technologieentwicklungen stehen.

Ausgehend von der techniksoziologischen Position einer verteilten Handlungsträgerschaft menschlicher und nicht-menschlicher Akteure wird ein Modell zur Konstitution sozialer Räume um soziale Roboter als Handlungsträger erweitert. Die Elemente Technik und Raum werden über die Handlungsträgerschaft von Technik und die Konstitution von Raum durch Handeln miteinander verbunden. Daraus wird der Ansatz einer Ko-Konstitution sozialer Räume durch soziale Roboter und Assistenzsysteme entwickelt.

Die Zusammenführung und Erweiterung technik- und raumsoziologischer Modelle eröffnet eine Perspektive auf die Prozesse und Wechselwirkungen, durch die soziale Roboter und Assistenzsysteme soziale Räume mitgestalten. Anhand konkreter Anwendungen in Wohnumgebungen werden die Prozesse einer verteilten Ko-Konstitution sozialer Räume beschrieben. Die Küche als architektonischer Raum und soziales System dient als Beispiel für einen Bereich des Wohnens, für den verstärkt Assistenzsysteme und soziale Roboter entwickelt werden.

Die Ko-Konstitution sozialer Räume wird entlang von vier Dimensionen konzipiert. Die Dimension der materialen Verschränkung beschreibt die relationale Positionierung einer Technik zur Umgebung. Die Dimension des Handlungsbezuges erfasst, wie soziale Roboter über Handlungen mit anderen Akteuren und der materiellen Umwelt verbunden sind. Die Dimension der Synthese von Räumen beschreibt, welche Aspekte des Raumes durch ein technisches System erfasst und in einem Raummodell abgebildet werden. Die Dimension der atmosphärischen Verschränkung zeigt, in welcher Weise Roboter über ihre wahrnehmbare Außenwirkung auf die Atmosphären eines Raumes wirken. Ergänzend werden für jede Dimension Leitfragen formuliert, an denen sich eine Technikgestaltung orientieren kann.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Wechselwirkungen zwischen gegenständlichen Techniken und menschlichen Lebensräumen am Beispiel sozialer Roboter aufzuzeigen. Das interdisziplinäre Forschungsfeld der sozialen Robotik soll so um eine räumliche Betrachtungsebene erweitert werden, um eine Technikentwicklung zu unterstützen, die zu einer wünschenswerten Gestaltung zukünftiger Lebensräume beiträgt.

Abstract

Technology is finding its way into more and more products, services and spaces of private life. Advances in robotics and artificial intelligence are paving the way for specific applications in human habitats. In the future, social robots could take over tasks in living environments, such as controlling a home automation system, facilitating household chores, or supporting older people to live independently at home.

The innovation field of social robotics negotiates technical, economic, social, legal and ethical questions. Yet, the current discourses in social robotics and architecture have hardly received each other. For the most part, they take place independently of each other and without reference points to each other. This work develops a spatial perspective on the interdisciplinary research field of social robotics from theoretical and practical starting points. Using the example of social robots, the interrelations of socio-technical constellations of man and machine in their relationship to social spaces are examined. The focus of this work is on private living spaces, as these are the focus of current technological developments due to an increased interest in home automation and age-appropriate assistance systems.

Based on the techno-sociological position of a distributed agency among human and non-human actors, a model of constituting social spaces through social robots as actors is extended. The elements of technology and space are connected by technology as actors and the constitution of space through action. The concept of a co-constitution of social spaces through social robots and assistance systems is developed.

The combination and extension of technical and spatial sociological models open up a perspective on the processes and interactions through which social robots and assistance systems shape social spaces. Based on specific applications in home environments, the processes of a distributed co-constitution of social spaces are described. The kitchen as an architectural space and social system serves as an example of domestic space to illustrate the concept.

The co-constitution of social spaces is conceived along four dimensions. The dimension of material entanglement describes the physical relational arrangement of technology with its surroundings. The dimension of the reference to action captures how social robots are connected with other actors and the material environment through actions. The dimension of the synthesis of spaces describes which aspects of space are captured

by a technical system and mapped in a spatial model. The dimension of atmospheric entanglement shows how robots affect the atmospheres of space via their perceptible external effect. Besides, key questions are formulated for each dimension which can guide the design process of social robots.

This work aims to depict the interactions between social robots and human habitats. Thus, the interdisciplinary research field of social robotics is to be extended by a spatial perspective to support a technology development that contributes to desirable future habitats.

1. Einleitung

Schlagzeilen über Roboter und künstliche Intelligenz haben Konjunktur. Chancen, Hoffnungen, Vorbehalte und Ängste bilden die Ambivalenz dieser Zukunftsthemen ab. Die Meldungen gehen von Fragen wie *Was macht uns künftig noch einzigartig?* und *Was machen wir morgen?* über Feststellungen *Mein Rivale, der Roboter* und *Mensch-Maschine: Ein offenes Match* bis zu Appellen wie *Die Roboter kommen. Fürchtet euch (nicht)!* oder *Schafft euch nicht ab!*¹ Den teils alarmierenden Schlagzeilen stehen zweifelnde und selbstkritische Meldungen aus der wissenschaftlichen Community gegenüber: *Why are robots not becoming domestic products?* oder *It's been a tough few years for social home robots: Where do we go from here?*²

Bereits heute durchdringt Technik in vielerlei Gestalt den menschlichen Alltag, von stationären und mobilen Geräten bis zu Sensoren und Prozessoren am oder im Körper. Technik hat sich in unterschiedlichen Größenordnungen und Distanzen zum menschlichen Körper verstetigt: von Smartwatches und Smartphones über Tablets, Laptops und TV-Bildschirme bis zu Medienfassaden. Technik hält auf diese Weise in immer mehr Produkte, Dienstleistungen und Orte des privaten Lebens Einzug und dringt damit auch in menschliche Lebensräume vor.

Während viele Technologien selbstverständlicher Teil des Alltags geworden sind, gewinnen sogenannte soziale Roboter, die für Aufgaben in alltäglichen Lebensräumen entwickelt werden, zunehmend an Aufmerksamkeit. Insbesondere die Robotik dient seit jeher als Projektionsfläche von utopischen Hoffnungen bis zu dystopischen Szenarien. Die Erwartungen an diese Technologie speisen sich zum Teil aus den fast schon hundert Jahre alten Fantasien aus Romanen und Filmen der Science-Fiction. Abgesehen von Robotern, die Staub saugen oder Rasen mähen, haben es jedoch bislang kaum Roboter aus den Forschungslaboren in den häuslichen Alltag geschafft.

Nach der Vorstellung des *ubiquitous computing*, konzipiert von Mark Weiser in den frühen 90er Jahren, hat sich die Technologie im 21. Jahrhundert in das Gewebe des Alltags eingeflochten (Weiser, 1993). Entscheidend dabei ist die Vernetzung

¹ ¹ Die Zeit, 26.03.2018, Nr. 14; Die Zeit, 26.04.2018, Nr. 18; Die Presse, 7.8.11.2015; Die Presse, 27./28.06.2015; Die Zeit, 10.01.2019, Nr. 3; Technologiegespräch, Europäisches Forum Alpbach, 2017; Die Zeit, 18.07.2019, Nr. 30

² (Auger, 2014); (Hoffman, 2019)

automatisiert operierender Sensoren und Endgeräte. Dadurch tritt die Komplexität des Netzwerkes für den Benutzer in den Hintergrund und die Technologie wird scheinbar unsichtbar. Mit dem *Internet der Dinge*, das physische Gegenstände mit virtuellen Netzwerken vernetzt, wird Weisers Vision des *ubiquitous computing* zunehmend Realität.

Beide technologischen Ansätze – ubiquitous computing und soziale Robotik – sind aus einer räumlichen Perspektive interessant. Wie wirkt die scheinbar unsichtbare Technologie auf die räumliche Struktur des Gewebes, in das sie eingeflochten ist? Wie könnten soziale Roboter die Struktur menschlicher Lebensräume verändern?

Fortschritte in unterschiedlichen Disziplinen wie der Elektrotechnik, dem Maschinenbau und der Informatik haben in den letzten Jahren zu einer Aufschwung von Robotik und künstlicher Intelligenz (KI) beigetragen. Zu den Fortschritten zählen unter anderem Verbesserungen der Rechenleistung und Datenspeicherung, leistungsfähige Algorithmen, die Entwicklung neuer Aktoren, vernetzte Sensoren und weltweite Netzwerke mit hohen Bandbreiten. In speziellen Anwendungsbereichen übernehmen Roboter bereits für den Menschen gefährliche, repetitive und körperlich anstrengende Tätigkeiten (*dull, dirty and dangerous jobs*), etwa in radioaktiv verseuchten Atomanlagen, bei der Tiefsee-Erkundung oder bei der Inspektion von Minen. Auch KI-Algorithmen haben in speziellen Bereichen ihre Fähigkeiten bewiesen, z.B. als sie die weltbesten menschlichen Spieler in Schach (1997), Jeopardy (2011), Go (2017) oder Poker gegen mehrere Gegner (2019) besiegten.

Die Zusammenführung dieser Entwicklungen lassen den Einsatz von Robotern in vielen Lebensbereichen zunehmend realistisch erscheinen. Qualifizieren Erfolge im Bereich der Robotik und künstlichen Intelligenz diese auch für den Einsatz in Wohnumgebungen? Ob die in die Robotik gesetzten Erwartungen tatsächlich erfüllt werden, bleibt fraglich. Es hat sich gezeigt, dass die Vorhersagen von Experten kaum Konvergenz aufweisen und dass es einen starken Trend gibt, die Entwicklung der nächsten 15 bis 25 Jahre ab dem jeweiligen Prognosezeitpunkt tendenziell zu optimistisch vorherzusagen (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018).

Vereinzelt verrichten Roboter im Haushalt, etwa in Form von Staubsaugern oder Rasenmähern, als kommerziell verfügbare Produkte bereits nützliche Dienste. Eine erkennbare Entwicklung bei dieser Art von Robotern in begrenzten

Anwendungskontexten besteht darin, robotische Fähigkeiten in bereits bestehende Produktkategorien zu integrieren. Viele darüber hinausgehende Anwendungsgebiete im Alltag sind jedoch noch nicht klar definiert. Als verkörperte, vernetzte und teils räumlich mobile Technologie werden soziale Roboter für unterschiedliche Rollen entwickelt, von hilfreichen Assistenten im Haushalt über Pflegeroboter für ältere Personen bis zu Companion Robotern.

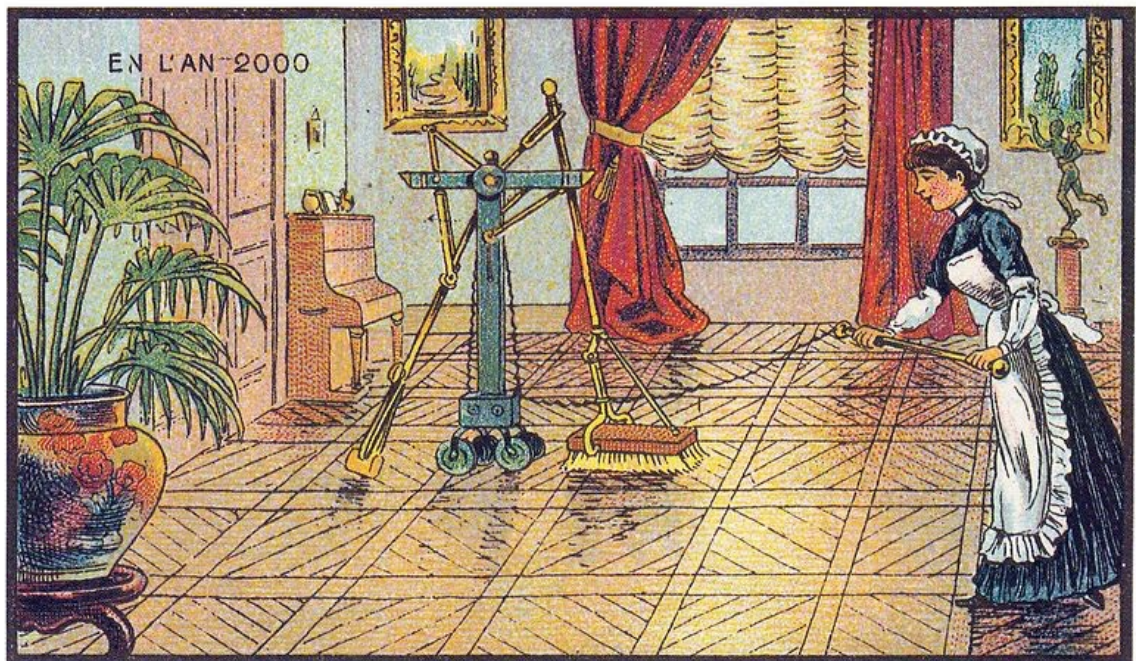
Neben der Frage, welche Aufgaben Roboter und Assistenzsysteme übernehmen können, steht die Frage, welche Aufgaben sie übernehmen sollen. Bruno Gransche (2017) fragt in diesem Zusammenhang: Assistieren wir uns zu Tode? Welche gesellschaftlichen und individuellen Folgen haben soziale Roboter und Assistenzsysteme? Soll die technische Machbarkeit die Grenze dafür sein, welche Tätigkeiten von Roboter ausgeführt werden dürfen? Gibt es Kompetenzbereiche, die vor der Übernahme durch Roboter geschützt werden sollen? Wo verläuft die Grenze zwischen gewollter Assistenz und ungewolltem Kompetenzverlust?

1.1. Interdisziplinäres Forschungsfeld

Neben den technischen Ingenieurwissenschaften – wie etwa Elektrotechnik, Maschinenbau oder Informatik – beschäftigen sich noch weitere Forschungsdisziplinen mit Assistenzsystemen und der sozialen Robotik. Entsprechend thematisch vielfältig gestaltet sich der wissenschaftliche Diskurs in diesem Bereich. Sozialwissenschaftler erstellen Bedarfsanalysen, untersuchen die Mensch-Roboter-Interaktion und entwickeln Modelle der Technikakzeptanz (Bartneck, Kulić, Croft & Zoghbi, 2009; Dautenhahn, 2007a; Weidner & Karafillidis, 2018). Die Roboterethik beschäftigt sich aus philosophischer Perspektive mit den moralischen Herausforderungen bei der Entwicklung von Robotern und deren Umgang in menschlichen Lebenszusammenhängen (Coeckelbergh, 2015; Loh, 2019). Manche ethische Diskussionen über Robotik beziehen sich bereits auf konkrete Anwendungsfelder, wie die kontinuierliche Überwachung in Wohnungen oder wer zur Rechenschaft zu ziehen ist, wenn ein Roboter einen Menschen schädigt. Aus ökonomischer Sicht ergeben sich Fragestellungen, wie die Veränderung von Arbeitsplätzen durch soziale Roboter in der Pflege. Die Technikfolgenabschätzung – ein Teilgebiet der Technikphilosophie und -soziologie – fragt nach den gesellschaftlichen Wirkungen, Chancen und Risiken dieser Technologie (Čas, Rose & Schüttler, 2017).

Nicht nur in der medialen Berichterstattung wird das Thema Robotik kontrovers diskutiert. Auch im wissenschaftlichen Diskurs existieren unterschiedliche Perspektiven, Erwartungen und Rollenbilder für soziale Roboter. Die amerikanische Psychologin Sherry Turkle, Professorin am MIT, warnt etwa vor emotionalen Beziehungen mit sozialen Robotern (Turkle, 2011). Sie befürchtet, dass insbesondere soziale Roboter die Fähigkeit untergraben, ernsthafte Bindungen mit anderen Menschen einzugehen. Andererseits plädiert Hiroshi Ishiguro, Professor an der Universität Osaka, für einen weniger kritischen Umgang mit Robotern. Ishiguro führt an, die Beschäftigung mit Robotern könne dazu beitragen, herauszufinden, was es bedeutet Mensch zu sein. Zwischen den Positionen von Turkle und Ishiguro spannt sich ein breites interdisziplinäres Forschungsfeld zum Thema soziale Robotik.

1.2. Bestandsaufnahme: Soziale Roboter für das Zuhause



Electric Scrubbing: Postkarte mit Visionen des Jahres 2000 von Jean-Marc Côté und anderen Künstlern um ca. 1900 (Quelle: <https://publicdomainreview.org/collections/france-in-the-year-2000-1899-1910/> [Zugriff: 25.07.2019])

Roboter sind Objekte der Fantasie. Unzählige Geschichten handeln von der Sehnsucht nach Automaten, die Menschen von schweren und unangenehmen Aufgaben befreien, die uns verführen, lieben und die wir lieben. Der Übergang aus der Mythologie, der Science Fiction, industriellen Anwendungen und Forschungslaboren in den häuslichen

Alltag verläuft allerdings holprig und ist von wiederholten Rückschlägen gekennzeichnet (Hoffman, 2019). Die Komplexität und Unvorhersehbarkeit von Routinen und deren Abweichungen im Alltag, die wir scheinbar mühelos bewältigen, stellen eine große Herausforderung für technische Systeme dar.

Wohnumgebungen sind auch Orte spezialisierter menschlicher Verhaltensweisen und Bedürfnisse. Die Erwartungen, welche Aufgaben Automaten oder Roboter – wie sie heute üblicherweise bezeichnet werden – im Zuhause übernehmen sollen, speisen sich vorwiegend aus erfolgreichen Lösungen in anderen Bereichen: Science Fiction, Industrie, Technologiemesen oder Militär. Auch die Forschungsarbeit in den Entwicklungslaboren bildet die Vorstellungen über Roboter aus eben jenen Bereichen ab. Diese Vorstellungen könnten jedoch einer erfolgreichen Entwicklung sozialer Roboter für das Zuhause entgegenstehen (Auger, 2014). Eine Hypothese, warum soziale Roboter für das Zuhause bislang größtenteils gescheitert sind besagt, dass viele der aktuellen Konzepte und Prototypen fehlangepasst an die alltäglichen Lebensräume sind:

„The maladaptation issue mostly stems from the observation that fictional and mythical ideas of robots continue to exert huge influence on research and development – while the concepts are frequently engaging and alluring, they remain essentially inappropriate for the domestic habitat. If robots are to enter into our homes, we must begin by dismantling the stereotypical and romantic concepts that pervade.“

(Auger, 2014, p. 26)

Warum Roboter in der Industrie, der Logistik oder in Forschungslaboren auch aus räumlicher Perspektive keine geeigneten Bezugspunkte für Roboter in menschlichen Lebensräumen darstellen, zeigt auch folgende Überlegung: In industriellen Einsatzbereichen wird der Aspekt des Raumes vorwiegend über dessen Ausschluss berücksichtigt. Es werden spezifische, möglichst gleichbleibende räumliche Strukturen hergestellt und störende Einflussfaktoren wie etwa Veränderungen der räumlichen Anordnungen tunlichst verhindert. Dieser Ausschluss ist jedoch in menschlichen Lebensräumen zum einen kaum möglich, und zum anderen nicht zielführend. Die räumlichen Strukturen des Zuhause stehen in Wechselwirkungen zu sozialen, kulturellen und gesellschaftlichen Strukturen. Diese Arbeit entwickelt daher eine Perspektive, die Raum und die Räumlichkeit sozialer Roboter – in ihren materiellen, sozialen, kulturellen und gesellschaftlichen Dimensionen – nicht als Störfaktor

ausschließt, sondern als generativen Ausgangs- und Bezugspunkt für die Entwicklung und Nutzung sozialer Roboter einschließt.

Soziale Roboter stoßen im Haushalt zudem in den komplexen Bereich alltäglicher Objekte vor. Baudrillard erinnert an die unterschiedlichen Qualitäten alltäglicher Gegenstände, unser Verhältnis zu diesen und an die Vielzahl an Rollen, die sie spielen können (2001). Ihre Form und Funktion definieren sich nicht nur über die Erfüllung konkreter und stabiler menschlicher Bedürfnisse, sondern werden durch einen komplexen und ephemeren Kriterienkatalog bestimmt (Auger, 2014). Eine systematische Übersicht der Gegenstände könnte jedoch

„ebenso viele Kriterien der Unterscheidung voraussetzen, als es Gegenstände gibt: nach ihrer Größe, nach ihrer Funktionalität (die ihr Verhältnis zu der eigenen objektiven Funktion ist), nach ihrer Handhabung (die eine einfache oder fachkundige, eine überlieferte oder zeitgemäße sein kann), nach ihrer Formung, nach ihrer Haltbarkeit, nach ihrer Dauer im Gebrauch (der nur zeitweilig und intermittierend sein kann und wie diese dann bewußt erlebt wird), nach dem Material, das sie verändern (denn alle Gegenstände verändern etwas: Bei der Kaffeemühle besteht kein Zweifel, aber wie ist es beim Spiegel, beim Rundfunkgerät, beim Automobil?), nach dem Grad ihrer Exklusivität oder breiten Streuung (privatim, im Haushalt, in der Öffentlichkeit).“
(Baudrillard, 2001, p. 9)

Die Gestaltung neuer technischer Haushaltsgeräte orientiert sich meist an bestehenden oder bekannten Vorbildern, Funktionen, Trends und Wertvorstellungen im Zuhause (Auger, 2014). Sie bieten Anhaltspunkte dafür, wie ein Gerät aussehen, was es tun und wie es benutzt werden kann. Roboter, die ein klares Anwendungsszenario haben – etwa Saug-, Spielzeug- oder Assistenzroboter – zeichnen sich durch funktionale oder ästhetische Vorgänger in spezifischen Anwendungsbereichen aus. Sie sind auch diejenigen Roboter, die sich zunehmend in größeren Stückzahlen verkaufen. Für Roboter, die über diese Anwendungen hinausgehen, sind Fragestellungen zu Funktion, Aussehen und Interaktionsformen jedoch noch offen.

Auch Guy Hoffman hinterfragt das aktuelle Konzept sozialer Roboter für das Zuhause. In einem Gastartikel für das IEEE Spectrum beschreibt der Leiter des *Human-Robot*

Collaboration & Companionship lab an der Cornell University, woran aus einer Sicht eine erste Generation sozialer Roboter für das Zuhause gescheitert ist:

„The first generation of social home robots ended up not making much sense to consumers.“

(Hoffman, 2019)

Anki, Jibo, and Kuri sind Vertreter einer dieser ersten Generation sozialer Roboter für das Zuhause. Sie wurden in den letzten Jahren als Prototypen präsentiert, konnten teilweise käuflich erworben werden, und sind trotz der Beteiligung renommierter Robotik-Experten und großer Entwicklungsbudgets gescheitert. Hoffman vergleicht die Rolle der drei Roboter mit dem ebenfalls wenig erfolgreichen Newton von Apple, dem ersten *Personal Digital Assistant* (PDA), dessen Produktion 1998 nach fünf Jahren eingestellt wurde. Im Rückblick jedoch – so Hoffman – spielt der Newton eine zentrale Rolle für die technologische Gegenwart, da sich Entwickler und Produktmanager an diesem orientierten, von den kommerziell erfolgreicherer PDAs von Palm bis zu den heutigen Smartphones und Tablets. Eine ähnliche Rolle schreibt Hoffman den Robotern Anki, Jibo und Kuri zu.



Soziale Roboter für das Zuhause: Jibo (Jibo, Inc.), Kuri (Mayfield Robotics) und Cozmo (Anki)

Das Scheitern jeder dieser Roboter mag unterschiedliche Gründe gehabt haben: länderspezifische Zertifizierungen, Probleme bei der Spracherkennung, kulturelle Feinheiten, teure Mechanik, günstigere Konkurrenten mit vergleichbaren Funktionen (Amazon Echo, Google Home), Imitate aus China oder schlechte Bewertungen erster Exemplare. Abgesehen von der Lösung dieser spezifischen Probleme, stellt sich die Frage, welche Schlüsse lassen sich aus dem Scheitern von Anki, Jibo und Kuri darüber hinaus für die Entwicklung einer nächsten Generation sozialer Roboter für das Zuhause ziehen. Guy Hoffman beschreibt hierfür vier Lektionen (2019):

1. „Long-term engagement is the holy grail, and the Gordian knot.
2. We need artists.
3. Embodiment does create emotional bonds.
4. Design matters.“

Punkt 1 und 3 werden im wissenschaftlichen Diskurs der sozialen Robotik bereits seit längerem eingefordert. Studien haben gezeigt, dass sich der Neuheitseffekt von Robotern schnell abnutzt und dass Menschen ihre Einstellungen und Präferenzen mit zunehmender Erfahrung ändern (Bethel & Murphy, 2010; Leite, Martinho, Pereira & Paiva, 2009). Bei zeitlich längerer Nutzung ist es daher entscheidend, dass soziale Roboter für das Zuhause über den Neuheitseffekt hinaus sinnvolle Anwendungen und Funktionen bieten. Auch die Verkörperung einer Technik wird bereits seit längerem als ein wesentliches Element der Interaktion mit sozialen Robotern erforscht (Syrdal, Dautenhahn, Koay, Walters & Ho, 2013; Weiss, Bernhaupt, Tscheligi & Yoshida, 2009; Young et al., 2011).

Weniger Bewusstsein gibt es hingegen für die Forderung: „Perhaps what this industry needs is artists“ (Hoffman, 2019). Damit spricht Hoffman die aktuelle Situation an, in welcher die Entwicklungsarbeit in der Robotik maßgeblich durch Ingenieure bestimmt ist. Ansätze und Projekte, die künstlerische Perspektiven einbeziehen, bleiben jedoch die Ausnahme (Auger, 2014; Lehmann et al., 2013; Smart, Pileggi & Takayama, 2015). Hoffman fordert daher dazu auf, Künstler und Designer in den Entwicklungsprozess einzubinden.

„Design is a front-loaded activity that studies human behavior and works in artful ways to combine elements of history, aesthetics, ethics, psychology, and engineering to create products we want to use.“
(Hoffman, 2019)

Viele der bisherigen Lösungsansätze verfolgen einen stark technik-fokussierten und funktionalistischen Ansatz. Eine künstlerische Perspektive – so Hoffman – ist daher für die Technologieentwicklung entscheidend, weil insbesondere Künstler die Fähigkeiten haben, komplexe Ideen zu vereinfachen und zu konkretisieren.

1.3. Persönlicher Zugang

Die soziale Robotik ist ein Innovationsfeld in dem technische, wirtschaftliche, soziale, rechtliche und ethische Fragestellungen verhandelt werden. Ergänzend zu technischen Entwicklungen, sozialwissenschaftlicher Interaktionsforschung, rechtlichen Regelungen und ethischen Überlegungen bedarf es aus meiner architektonischen Sichtweise eines Verständnisses über die Wechselwirkungen sozialer Roboter und menschlicher Lebensräume. In dieser Arbeit lege ich dar, dass der ausbleibende Erfolg von Robotern für Anwendungen im Zuhause auch in der bislang nur bruchstückhaften und größtenteils einseitigen Betrachtung der räumlichen Dimension sozialer Roboter begründet sein könnte.

Um herauszufinden welche Aufgaben Roboter übernehmen und welche Rollen sie zukünftig in Wohnumgebungen spielen könnten, bedarf es einer bewussten Auseinandersetzung mit der Gestaltung zukünftiger Lebensräume, die den Einsatz und mögliche Folgen sozialer Roboter diskutiert. Aus meiner Perspektive ist es daher lohnenswert, das kreative-pragmatische Potential, das in der Arbeits- und Denkweise der Architektur zur Verfügung steht, in den Diskurs der sozialen Robotik einzubeziehen. Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine mögliche architektonische Perspektive auf das interdisziplinäre Forschungsfeld der sozialen Robotik zu entwickeln und Ansätze aufzuzeigen, entlang derer die Wechselwirkungen räumlicher Strukturen und gegenständlicher Technik im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden können.

Für eine wissenschaftliche Analyse ist es sinnvoll, eine Balance zwischen *Engagement* und *Distanzierung* zum Untersuchungsgegenstand zu bewahren und diese immer wieder selbst zu reflektieren (Elias, 1990). Das Pendeln zwischen Nähe und Distanz zu den Untersuchungsgegenständen *Raum* und *sozialer Robotik* lässt sich in meiner Arbeit auf mehreren Ebenen beobachten.

Die in dieser Arbeit verwendeten Theorien aus der Technik- und Raumsoziologie schaffen eine Distanz zu den Untersuchungsgegenständen und eröffnen gleichzeitig spezifische Perspektiven auf die Thematik, die eine rein architektonische Sichtweise nicht bieten könnte. Auch durch meine Ausbildung als Architekt ergibt sich eine kritische Distanz sowohl zu den Ingenieurwissenschaften als auch zu den Sozial- und Geisteswissenschaften. Die Architektur ist eine Disziplin an der Schnittstelle von Wissenschaft und Kunst, die sich unter anderem dadurch auszeichnet, Lösungsansätze

für Probleme zu finden, bei denen Aufgabenstellungen und Rahmenbedingungen oft nicht klar definiert sind.

Ohne ein *Engagement* mit dem Untersuchungsgegenstand bleibt eine Analyse dennoch unvollständig. Daher habe ich mich in mehreren Projekten auch praktisch mit sozialen Robotern auseinandergesetzt. Die Bezeichnung *Hacks* verweist auf den experimentell-spielerischen Charakter dieser Projekte, die im Anhang dieser Arbeit beschrieben werden. Die unmittelbare Erfahrung mit praktischen Problemstellungen hat wesentlich zu einer realistischen Einschätzung über die Möglichkeiten und Herausforderungen der Entwicklung sozialer Roboter für menschliche Lebensräume beigetragen.

2. Forschungsfragen

Gegenwärtig dringt Technik in immer mehr Bereiche des Alltags und somit auch in soziale Räume vor. In Wohnumgebungen kommt es dadurch zu einer Verschränkung von gebauter Umgebung und gegenständlicher Technik. Zukünftig sollen Roboter und Assistenzsysteme Teil dieser Räume werden, etwa als Komponente der Heimautomation, zur Unterstützung von Routinetätigkeiten oder für bestimmte Pflegeaufgaben. Soziale Räume sind jedoch keine passiven Strukturen, die mit Technologie angereichert werden, sondern sie werden zunehmend durch das Zusammenwirken von Mensch und Technologie gestaltet.

Soziale Roboter nehmen dabei eine neuartige Position zwischen bestehender Technologie, sozialem Raum und dem Menschen ein. Im Vergleich zu vielen bestehenden Technologien der Heimautomation eröffnen soziale Roboter neue Handlungsoptionen und Interaktionsformen. Sozialer Roboter sind meist räumlich mobil, in der Lage Gegenstände zu erkennen, zu manipulieren und mit dem Menschen über natürliche (Körper)Sprache zu interagieren. Soziale Roboter vernetzen nicht nur im informationstechnischen Sinn, sondern positionieren sich in räumlichen Bezügen und greifen auf physische Elemente zu. Durch Weiterentwicklung der technischen Handlungsmöglichkeiten und sozialen Interaktionsformen werden Roboter zu (teil)autonomen und sozialen Akteuren in Wohnumgebungen.

Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels gibt es seit 2008 auf europäischer Ebene umfangreiche Förderprogramme im Assistenzbereich, die eine Erhöhung der Lebensqualität speziell älterer Personen anstreben. Assistenzsysteme, darunter auch soziale Roboter, sollen diesen Personen ein möglichst langes und autonomes Leben im gewohnten Wohnumfeld ermöglichen. Viele Forschungsprogramme zielen explizit auf Wohnräume als Orte der Interaktion von Mensch und Technik ab.

Die aktuellen wissenschaftlichen Diskurse zur sozialen Robotik und zu sozialen Räumen finden größtenteils unabhängig voneinander und ohne Bezugspunkte zueinander statt. Vor allem die Wechselwirkungen zwischen Wohnräumen und sozialen Robotern bzw. Assistenzsystemen haben bislang wenig Beachtung gefunden. Diese Arbeit zeigt mögliche theoretische und praktischer Ansatzpunkte für einen interdisziplinären Dialog zwischen Architektur und sozialer Robotik auf.

Die folgenden Fragestellungen sind das Ergebnis eines iterativen Prozesses, und sind aus dem Wechsel zwischen dem Eindringen in die jeweiligen Diskurse und deren Reflexion entstanden. Um die Entwicklung des Themas abzubilden, werden im Folgenden die zentralen Forschungsfragen angeführt. Anschließend werden der jeweilige theoretische Hintergrund und die Herangehensweise kurz erläutert.

- FF1: Wie können die Wechselwirkungen robotisch-assistiver Technologien und sozialer Räume differenziert erklärt werden?

Diese Arbeit geht von einer verteilten und gradualisierten Handlungsträgerschaft menschlicher und nicht-menschlicher Akteure aus (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002). Die Perspektive eines verteilten und gradualisierten Handelns von Mensch und Technik wird mit dem raumsoziologischen Modell nach Löw (2001) zusammengeführt. Sozialer Raum wird als eine relationale (An)Ordnung von Lebewesen und sozialen Gütern definiert, der durch Handlungen und Wahrnehmungsprozesse konstituiert wird. Die Arbeitshypothese lautet, dass auch durch technische Handlungs- und Wahrnehmungssysteme sozialer Raum konstituiert wird. Durch die Zusammenführung technischer- und raumsoziologischer Modelle werden die Wechselwirkungen sozialer Räume und assistiver Technologien erklärt (siehe Kapitel 7 & 8).

- FF2: Auf welchen Ebenen und durch welche Prozesse sind soziale Roboter an der Konstitution sozialer Räume beteiligt?

Alltägliche Lebensräume werden zunehmend durch die Interaktionen von Mensch und Technologie in soziotechnischen Konstellationen gestaltet. Am Beispiel sozialer Roboter werden die raumkonstituierenden Prozesse technischer Objekte in Wohnumgebungen veranschaulicht. Dadurch werden Roboter zu aktiven Gestaltern alltäglicher Lebensräume. Die der Konstitution sozialer Räume zugrunde liegenden Prozesse bei Menschen, sozialen Robotern und sozialen Gütern werden auf deren Gemeinsamkeiten und Unterschiede hin untersucht (siehe Kapitel 8.3).

- FF3: Welche sozial-räumlichen Auswirkungen lassen sich durch Roboter und Assistenzsysteme in Wohnräumen erkennen?

Insbesondere soziale Roboter sind keine neutralen Objekte, die nach rein mechanisch-technologischen Prinzipien funktionieren. Soziale Roboter transportieren ökonomische Interessen, Hierarchien und Machtstrukturen. Der Einsatz sozialer Roboter etwa als altersgerechte Assistenzsysteme ist mit der Einübung sozialer Praktiken der Assistenzleistung verbunden, die Auswirkungen auf die Handlungen, Strukturen und Organisationsformen von Wohnräumen haben. Soziale Roboter stehen in einer wechselseitigen Beziehung zu räumlichen Strukturen, agieren in Bezug zu diesen und gestalten sie (siehe Kapitel 9).

Stellvertretend für einen Bereich des Wohnens, wird die Verschränkung von Technik und Raum an Beispielen von sozialen Robotern und Assistenzsystemen in der Küche beschrieben (siehe Kapitel 10). Die Aufgaben und Rollen von Dienstboten, Pflegepersonal oder Hausfrauen sind mit dem historischen und soziokulturellen Kontext, sozialen Praktiken und räumlichen Strukturen in Wohnumgebungen verbunden. Historisch betrachtet hat etwa die Einführung von Personenaufzügen zu einer Umkehr der Wertigkeit der Stockwerke im großbürgerlichen Wohnhaus zugunsten der oberen Geschosse geführt.

- FF4: Welche Anknüpfungspunkte lassen sich daraus für die zukünftige Entwicklung und Gestaltung von sozialen Roboter und Assistenzsystemen identifizieren?

Als Ansatzpunkte für die Technikentwicklung werden vier Dimensionen der wechselseitigen Beziehung von sozialen Robotern und Wohnumgebungen identifiziert (siehe Kapitel 11). Dadurch sollen die räumlichen Bezüge dieser technischen Objekte bereits in der Entwicklung mitgedacht und in ihren möglichen Wirkungen berücksichtigt werden. Bezüge von Technologie und Raum werden auf der Ebene der materialen Verschränkung, der Handlungsdimension, der Synthese von Raum und der atmosphärischen Verschränkung von Technik und Raum entwickelt.

2.1. Aufbau

Die Arbeit ist thematisch in vier Abschnitte unterteilt.

Abschnitt I: Aufbereitung des Forschungsfeldes (Kapitel 3 - 6)

Am Beginn des Abschnitts I werden zunächst die zentralen Begriffe bestimmt sowie die wissenschaftlichen Diskurse und Theorien erläutert, mit denen sich diese Arbeit beschäftigt. Anschließend wird der wissenschaftliche und gesellschaftliche Hintergrund aufbereitet. Diese umfassen Referenzpunkte zu geschichtlichen und kulturellen Aspekten der Robotik, fiktionalen Robotern in Literatur, Filmen und Zukunftsszenarien, Aspekten des Anthropomorphismus sowie aktuellen Handlungsfeldern und Rahmenbedingungen der Robotik. Anschließend werden unterschiedliche Perspektiven auf die Entwicklung und Nutzung sozialer Roboter vorgestellt, darunter auch künstlerische und inklusive Ansätze zur Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion, sowie mögliche Auswirkungen sozialer Roboter auf zwischenmenschliche Beziehungen beschrieben.

Abschnitt II: Entwicklung der Theorie (Kapitel 7 - 8)

Der Abschnitt II bildet den theoretischen Kern dieser Arbeit und entwickelt die Perspektive einer Ko-Konstitution sozialer Räume durch soziale Roboter. Ausgehend von der techniksoziologischen Position einer verteilten Handlungsträgerschaft menschlicher und nicht-menschlicher Akteure wird ein Modell zur Konstitution sozialer Räume um soziale Roboter als Handlungsträger erweitert. Die Elemente Technik und Raum werden über die Handlungsträgerschaft von Technik und die Konstitution von Raum durch Handeln miteinander verbunden. Daraus wird der Ansatz einer Ko-Konstitution sozialer Räume durch soziale Roboter und Assistenzsysteme entwickelt.

Abschnitt III: Anwendungsfelder (Kapitel 9 - 10)

In Abschnitt III werden soziale Roboter und Assistenzsysteme funktional, räumlich und ästhetisch im Kontext des Zuhause verortet. Die Küche als architektonischer Raum und soziales System steht stellvertretend für einen Bereich des Wohnens für den verstärkt Assistenzsysteme und soziale Roboter entwickelt werden. Architekturgeschichtliche Referenzen und aktuelle Projekte zur Küche als technologischer Assistenzraum veranschaulichen anhand unterschiedlicher Organisations- und Assistenzformen der Küche beispielhaft das Zusammenwirken von Mensch, Technik und Raum.

Abschnitt IV: Anknüpfungspunkte für die Praxis (Kapitel 11 - 12)

Aus den theoretischen Überlegungen und praktischen Analysen werden im Abschnitt IV zentrale Dimensionen der Ko-Konstitution sozialer Räume abgeleitet. Sie bilden die räumlichen Wirkungsebenen von sozialen Robotern und Assistenzsystemen ab. Ergänzend werden für jede Dimension Leitfragen formuliert, an denen sich eine Technikgestaltung orientieren kann, welche auch die räumlichen Wirkungsebenen im Entwicklungsprozess mit einbezieht. Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick stehen am Ende der Arbeit.

ABSCHNITT I: AUFBEREITUNG DES FORSCHUNGSFELDES

3. Begriffsbestimmungen

Diese Arbeit verbindet unterschiedliche Disziplinen und Forschungsbereiche miteinander. Daher stammen auch die verwendeten Begriffe und Konstrukte aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen. Mit dem Ziel einer klaren Begrifflichkeit und eines disziplinenübergreifenden Verständnisses werden im folgenden Abschnitt die für diese Arbeit zentralen Begriffe bestimmt.

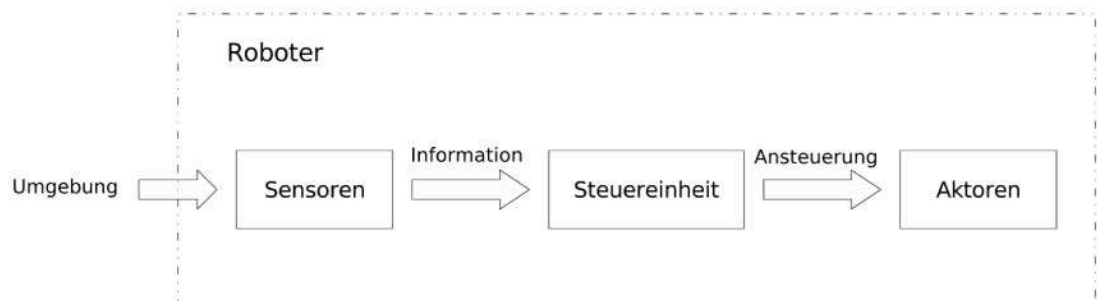
3.1. Roboter und soziale Roboter

Roboter

„Roboter sind sensumotorische Maschinen zur Erweiterung der menschlichen Handlungsfähigkeit.“

(Christaller et al., 2001, p. 18)

Unter Roboter werden kombinierte technische Systeme verstanden, die aus verschiedenen funktionalen Komponenten bestehen. Die Komponenten eines Roboters können vereinfacht in Sensoren, Steuerungseinheit und Aktoren unterteilt werden (Oubbati, 2007, p. 10). Sensoren empfangen Daten zur Umwelt- und Selbstwahrnehmung, indem sie Zustände oder Veränderungen der Umgebung messen. Die Steuerungseinheit besteht aus Komponenten der Informatik und Telekommunikation, die zur Speicherung, Verarbeitung, Übertragung und Darstellung von Informationen dienen. Aktoren bzw. Aktuatoren ermöglichen die Aktionsfähigkeiten durch Antrieb und Bewegung des Roboters.



Blockschema der Teilsysteme eines Roboters (Oubbati, 2007, p. 10)

Der Begriff des Roboters hat jedoch in den letzten Jahren einen großen Wandel durchlaufen (Sziebig & Korondi, 2015). Roboter sind nicht mehr nur abgeschlossene Einheiten, die aus Sensoren, einer Steuereinheit und Aktoren bestehen. Roboter sind Teil größerer Informationsnetze, empfangen Befehle aus dem Internet, haben möglicherweise keine festen Sensoren an ihrem mechanischen Körper und sind in Autos, Unterhaltungselektronik oder Mobiltelefone eingebettet (Sziebig & Korondi, 2015).

Soziale Roboter

In der Literatur findet sich keine einheitliche Definition sozialer Roboter. Definitionen fallen je nach Forschungsrichtung und Kontext unterschiedlich aus. Zudem beinhalten Definitionen sozialer Roboter meist eine spezifische Sichtweise auf die Rollen, Aufgaben und soziale Interaktion mit Robotern. Gemeinsam ist den meisten Definitionen, dass die Interaktionsfähigkeiten ein zentrales Merkmal sozialer Roboter sind. Aus einer mensch-zentrierten Perspektive können soziale Roboter über die natürlicher Art und Weise der Interaktion definiert werden (Breazeal, 2004). Die Interaktion erfolgt meist über menschliche Sprache, Gestik, Mimik oder Körpersprache. Aus einer Roboter-zentrierten Perspektive werden soziale Roboter als verkörperte Akteure verstanden, die Teil der heterogenen Gruppe sind, fähig sind, sich gegenseitig zu erkennen, soziale Interaktionen zeigen, über Erinnerungen verfügen, miteinander kommunizieren und voneinander lernen (Fong, Nourbakhsh & Dautenhahn, 2003). Eine ähnliche Definition sozialer Roboter lautet:

„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.“
(Duffy, 2003, p. 177)

In einem Bericht des Rechtsausschusses des Europäischen Parlaments mit Empfehlungen an die Kommission zu den zivilrechtlichen Regelungen im Bereich Robotik werden diese Eigenschaften für „intelligente autonome Roboter“ angeführt (Europäisches Parlament, 2017, p. 24):

- „die Fähigkeit, über Sensoren und/oder über den Datenaustausch mit seiner Umgebung (Interkonnektivität) Autonomie zu erlangen und diese Daten zu analysieren,

- die Fähigkeit, durch Erfahrung und Interaktion zu lernen,
- die Form der physischen Unterstützung des Roboters,
- die Fähigkeit, sein Verhalten und seine Handlungen an seine Umgebung anzupassen.“

Weitere Definitionen in der Literatur erwähnen folgende spezifischen Fähigkeiten sozialer Roboter:

- Zeigen und/oder Erkennen von Emotionen,
- Kommunikation über komplexere Sprache,
- Erkennen anderer Akteure,
- Aufbau und Erhalt sozialer Beziehungen,
- Verwenden menschlicher Gestik, Mimik und Körpersprache,
- Zeigen einer Persönlichkeit und eines eigenständigen Charakters,
- Lernen und Entwickeln sozialer Fähigkeiten,
- Verfügen über Erinnerungen,
- Folgen sozialer Regeln und anpassen an soziale Situationen.







In dieser Arbeit werden soziale Roboter als Handlungsträger und Akteure menschlicher Lebensräume verstanden. Neben den soziale Fähigkeiten ist die Handlungsträgerschaft wesentliches Merkmal sozialer Roboter. Die Handlungsträgerschaft bezieht sich auf die Fähigkeit Handlungen auszuführen, die Bezeichnung Akteur verweist auf die verstärkte Tendenz zur Eigenläufigkeit dieser technischen Systeme.

Roboter, deren Konstruktion der menschlichen Gestalt nachempfunden sind, werden auch als humanoide Roboter bezeichnet. In dieser Arbeit sind mit Robotern stets soziale Roboter gemeint. Andernfalls sind sie speziell angeführt, etwa Roboter in der Industrie.

3.2. Assistenzsysteme

Unter dem Begriff Assistenzsysteme werden Konzepte, Produkte oder Dienstleistungen verstanden, die neue Technologien und soziales Umfeld miteinander verbinden, um die Lebensqualität für Menschen in allen Lebensabschnitten zu erhöhen (Kollewe, 2017, p. 94). Unter der Prämisse, dass die Gegenwartsgesellschaft auch eine assistive Gesellschaft ist (Biniok, 2016), lässt sich eine Ausweitung von Assistenzsystemen auf viele Lebensabschnitte und Lebensbereiche beobachten. Assistenzsysteme treten dabei in ein enges Austausch- und Wechselwirkungsverhältnis mit Menschen, und umfassen

Bereiche wie Sicherheit, Gesundheit, Komfort, aber auch Unterhaltung und Kommunikation.

				
Robotic Mobility Aid Friend II	Fetch & Carry Support Botlr	Robotic Manip. Aid Asibot	Rehabilitation Robot Auto Ambulator	Telepresence Robot Giraff
				
Personal Care Robot Bestic	Household Robot Scooba	Companion Robot Hector	Emotional Robot Paro	Entertainment Robot Ifbot

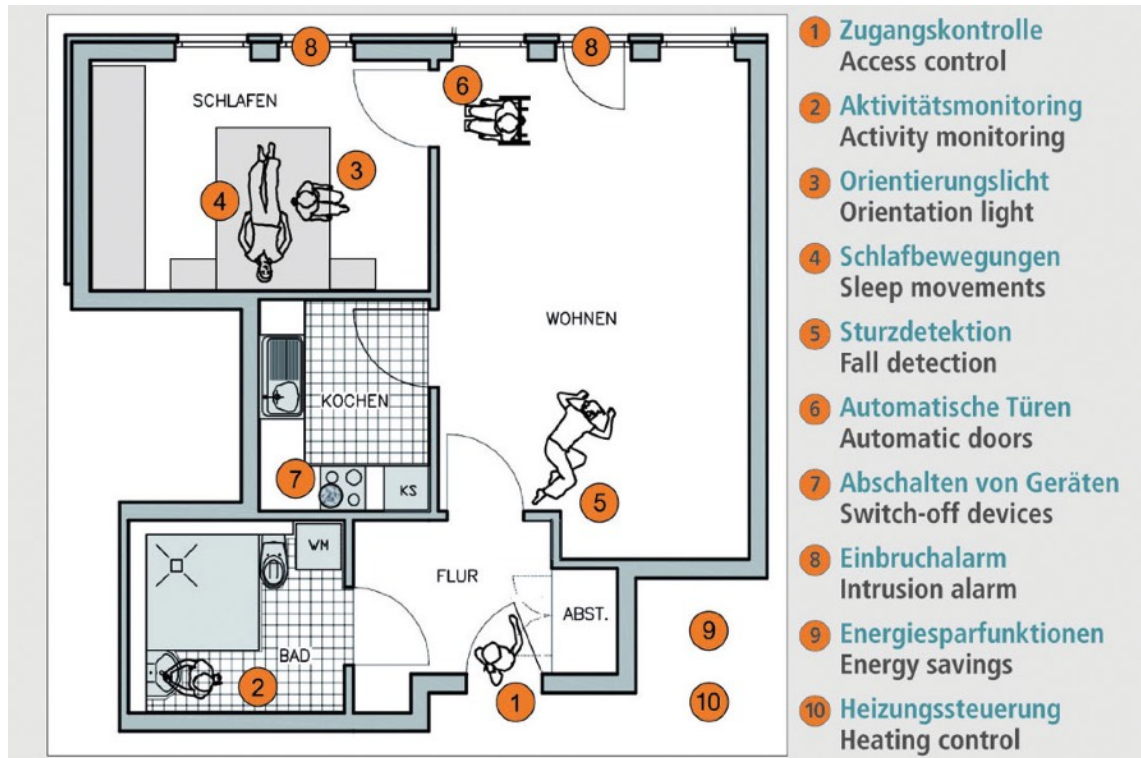
Kategorien und Beispiele von Assistenzrobotern (Payr, Werner & Werner, 2015, p. 19)

Altersgerechte Assistenzsysteme und Assistenzroboter

Als altersgerechte Assistenzsysteme werden technischen Unterstützungssysteme bezeichnet, die ältere oder pflegebedürftige Personen sowie Personen in Pflegeberufen unterstützen. Altersgerechte Assistenzsysteme sollen den Herausforderungen des demografischen Wandels mit technischen Lösungen begegnen, indem sie älteren Personen eine selbstständige, selbstbestimmte und sozial integrierte Lebensführung innerhalb des vertrauten Lebensumfeldes ermöglichen. In betreuten Wohnformen oder geriatrischen Abteilungen werden schon heute Assistenzsysteme zur Unterstützung bei Pflege- und Assistenz Tätigkeiten eingesetzt.

Die auch als Ambient Assisted Living (AAL) Technologien bezeichneten Systeme sind meist an den spezifischen Bedürfnissen dieser Personengruppen ausgerichtet. Beispiele für AAL-Technologien sind etwa die automatische Abschaltung des Herdes, Sturzmelder, sensor-gestützte Notrufsysteme oder telemedizinische Vitalwertüberwachung. Altersgerechte Assistenzsysteme, die robotische Elemente

aufweisen, werden als Assistenzroboter oder auch Pflegeroboter bezeichnet. Assistenzroboter können nach ihrer Funktion in unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden.



Beispiele für eine Heimautomation durch altersgerechte Assistenzsysteme
 (Quelle: <https://www.usabilityblog.de/ein-neuer-trend-aal-smarthome-fuer-senioren/>
 [Zugriff: 25.07.2019])

3.3. Gebäudetechnik, Heimautomation, smart home

Die Begriffe Haustechnik und Gebäudetechnik haben sich als Sammelbegriffe für eine Vielzahl an technischer Ausrüstung in Gebäuden etabliert, wobei sich beide Begriffe inhaltlich überschneiden und nicht immer klar voneinander abzugrenzen sind. Gebäudetechnik wird meist als Überbegriff aller technischer Bereiche und Ausstattungen in Gebäuden gebraucht. Dazu zählen etwa die Bereiche Schall-, Brand- und Wärmeschutz sowie Beleuchtung und Tageslicht. Ebenso umfasst die Gebäudetechnik die sogenannte Haustechnik, die speziell die Versorgung des Gebäudes in den Bereichen Wasser, Luft und Wärme beinhaltet (Neufert & Kister, 2005, p. 520).

In vielen Gebäuden findet heute zunehmend eine Automatisierung der Gebäudetechnik statt, deren Ziel es ist, Abläufe nach vorgegebenen Parametern oder (teil)autonom zu

steuern. Die automatisierte Steuerung der Gebäudetechnik wird als Gebäudeautomation bezeichnet. Es erfolgt eine Vernetzung der technischen Einheiten im Gebäude. Die Vernetzung von Sensoren, Aktoren, Bedienelementen und Verbraucher erlaubt es, diese technischen Einheiten zu überwachen, zu steuern und zu optimieren.

Im Wohnbereich werden für die Gebäudeautomation die Bezeichnungen Heimautomation oder Hausautomation verwendet, die oft mit dem Schlagwort *smart home* bezeichnet wird. Ein *smart home* kann als eine Wohnumgebung definiert werden, die entweder den Komfort seiner Bewohner bei bereits bestehenden Tätigkeiten erhöht oder Funktionalitäten bietet, die ohne den Einsatz von Computertechnologien nicht möglich sind (Mennicken, Vermeulen & Huang, 2014, p. 105). Dieser Teilbereich der Gebäudeautomation ist spezifisch an die Gegebenheiten und Bedürfnisse der Bewohner in privaten Wohnungen und Häusern ausgerichtet. Es kommt dabei zu einer Verschmelzung von Funktionen der Gebäudetechnik mit Haushaltsgeräten und Komponenten der Unterhaltungs- und Kommunikationstechnik. Im Mittelpunkt der Heimautomation steht meist eine Erhöhung der Sicherheit, Lebens- und Wohnqualität bei gleichzeitiger effizienter Energienutzung. Die Steuerung erfolgt weitestgehend automatisiert oder über eine benutzerfreundliche Schnittstelle durch den Bewohner selbst. Gebäude erfüllen daher zunehmend die Definition eines Roboters, denn sie sind mit Sensoren, einer Steuerungseinheit und Aktoren ausgestattet. Die an unterschiedlichen Orten verteilten Sensoren liefern einen kontinuierlichen Datenstrom, der in einer Steuerungseinheit verarbeitet wird. Mittels Aktoren werden Anweisungen dieser Steuerungseinheit ausgeführt.

3.4. Sozialer Raum

Diese Arbeit orientiert sich an einem relationalen Verständnis des sozialen Raumes. Sozialer Raum wird als die „relationale (An)Ordnung von Lebewesen und sozialen Gütern an Orten“ definiert (Löw, 2001, p. 160). Die Bezeichnung der *relationalen Anordnung* verweist darauf, dass Raum durch die Elemente und deren Beziehungen zueinander entsteht. Der Begriff der *Ordnung* verweist auf die strukturelle Dimension von Raum. Unter *sozialen Gütern* werden vorwiegend materielle Objekte verstanden, die angeordnet werden können. Diese *(An)ordnung* erfolgt durch Menschen oder andere *Lebewesen*. *Orte*, die das Ziel und Resultat von (An)Ordnungen sind, bezeichnen eine konkret benennbare, meist geografisch markierte Stelle. Wesentliche Dimensionen der Konstitution sozialer Räume sind die routinierten Bahnen des Handelns, die strukturelle

Dimension des Räumlichen, der Einsatz des Körpers, der Habitus, die Veränderungspotentiale, die Bedeutung von Symbolik und Materialität, die Konstitution zu Orten und die Herausbildung von Atmosphären (Löw, 2001, p. 161).

4. Theorien und Diskurse

4.1. Handlungsträgerschaft von Technik

Alltägliche Handlungssituationen sind zunehmend von einer Verschränkung menschlicher und technischer Artefakte geprägt. Neuere Technologien – darunter auch soziale Roboter – werden im Vergleich zu einfachen Werkzeugen und Maschinen zu aktiveren Einheiten mit einem weiteren Wirkungsspektrum, einem größeren Aktionsradius und feineren Aktions- und Interaktionsfähigkeiten (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002). Die Wechselwirkung zwischen Mensch und avancierter Technik lässt sich daher immer weniger als die Abfolge von menschlichen Anweisungen und technischen Ausführungen beschreiben, sondern braucht ein Konzept das die aktive Ebene technischer Systeme und die soziotechnischen Konstellationen zwischen Mensch und Technik umfasst.

Um diesen Wandel zu beschreiben, haben sich in den Sozialwissenschaften unterschiedliche und teils gegensätzliche Positionen, Konzepte und Theorien zur Handlungsträgerschaft technischer Systeme gebildet. Manche Theorien schreiben potentiell jeglicher Technik eine Handlungsträgerschaft zu, wie etwa die Akteur-Netzwerk Theorie (Latour, 1996) oder das Konzept der *Media Equation* (Reeves & Nass, 1996). Die Akteur-Netzwerk-Theorie und die *Media Equation* gehen von einer Übertragung sozialer Deutungsmuster auf die Interaktion mit technischen Geräten aus. Diese Ausdehnung stützt sich weitestgehend auf eine beiläufige und nicht weiter reflektierte Ausdehnung eingelebte Muster sozialen Verhaltens (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002).

Die Akteur-Netzwerk-Theorie, die insbesondere von Bruno Latour vertreten wird, geht von einer prinzipiellen Symmetrie menschlicher und nicht-menschlicher Akteure aus (Latour, 1996). Dieses Verständnis fasst jegliche Aktivität und jedes Bewirken von Veränderungen als Handeln auf. Diese Auffassung wird durch eine symmetrische Beobachtungssprache gleichzeitig hergestellt und begründet. Diese symmetrische Beobachtungsperspektive wird dadurch hergestellt, indem selbst einfache Routinehandlungen und regelhaften Vorgängen wie das Öffnen einer Türe mit menschlichem Handlungsvokabular beschrieben werden.

Die Theorie der *Media Equation* (Reeves & Nass, 1996) besagt, dass Menschen grundsätzlich sozial auf jegliche Art von Medien und Technik reagieren, seien es Computer, Fernseher oder anderen Kommunikationstechnologien. Reeves und Nass zeigen anhand zahlreicher Beispiele, dass sich psychologische und soziologische Erkenntnisse der Interaktion von Menschen miteinander – etwa zu Geschlechterrollen, Regeln der Höflichkeit oder Distanzverhalten – auch auf die Interaktion von Menschen mit Technologien und Medien übertragen lassen. Die durch die Interaktion mit Technologien hervorgerufenen Verhaltensweisen folgen eingelebten sozialen Mustern, die identisch mit realen sozialen Interaktionen und der Navigation in realen physischen Räumen sind.

Andere Konzepte thematisieren nur bestimmte avancierte Techniken als Handlungsträger. Die Fähigkeit zu Handeln kann dabei entweder auf Basis äußerlich sichtbaren Verhaltens mit Hilfe eines intentionalen Vokabulars zugestanden werden (McCarthy, 1979) oder aufgrund des Aufbaus der Softwarearchitektur einer Technik selbst. Dies ist etwa bei sogenannten BDI-Agenten der Fall, deren Aktionen auf Annahmen über ihre Umwelt (*beliefs*), erstrebenswerten Zielzuständen (*desires*) und den verfolgten Absichten zum Erreichen dieses Zustands (*intentions*) beruhen (Rao & Georgeff, 1995).

Die verschiedenen Positionen zu Technik und Handeln lassen sich daher analytisch entlang zweier Dimensionen unterscheiden (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002): Die erste Dimension bezieht sich darauf, ob die Fähigkeit zu Handeln grundsätzlich auf jede Technik oder nur auf bestimmte avancierte Techniken angewendet wird. Die zweite Dimension differenziert zwischen der Handlungsträgerschaft als Resultat von Be- und Zuschreibungen und der Handlungsträgerschaft als eine Eigenschaft der Technik. Entlang dieser zwei Dimensionen ergeben sich vier Kategorisierungen, die in der folgenden Tabelle dargestellt sind.

Tabelle 1: Exemplarische Forschungsarbeiten zur Handlungsträgerschaft von Technik (vgl. Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002, p. 14)

	Handlungsträgerschaft als Resultat von Be- und Zuschreibungen	Handlungsträgerschaft als Eigenschaft der Technik
jede Technik	The Media Equation (Reeves/Nass); generalisierte Symmetrie (Callon/Latour)	technisch verfestigte Handlungsmuster (Linde); Aktanten (Callon/Latour)
avancierte Technik	Turing-Test; ELIZA (Weizenbaum); Ascribing Mental Qualities to Machines (McCarthy)	technische Imitation mimeomorphen Handelns (Collins/Kusch); BDI-Agenten (Rao/Georgeff)

Eine wesentliche Aufgabe und Funktion von sozialen Robotern und Assistenzsystemen ist es, bestimmte Handlungen auszuführen oder Handlungen von Menschen zu unterstützen. Diese Arbeit orientiert sich daher an dem verteilten und gradualisierten Handlungsbegriff nach Rammert und Schulz-Schaeffer (2002) und geht von einer Handlungsträgerschaft menschlicher und nicht-menschlicher Akteure aus. Verteiltes Handeln begreift Handeln als Handlungsfluss, das sich gradualisiert in unterschiedlichen Qualitäten auf menschliche und nicht-menschliche Akteure verteilt.

Die Dualität zwischen Mensch und Technik in Bezug zu Handeln wird in einem pragmatischen Verständnis von Handeln in soziotechnischen Konstellationen aufgelöst: Die Handlungsfähigkeit sozialer Roboter wird basierend auf der Zuschreibung von Handlungseigenschaften und Interaktionsfähigkeiten beurteilt. Die theoretische Position orientiert sich an der Perspektive des Technopragmatismus, aus dem Handlungszusammenhänge anhand konkreter Interaktionen und beobachteter Wirkung analysiert werden.

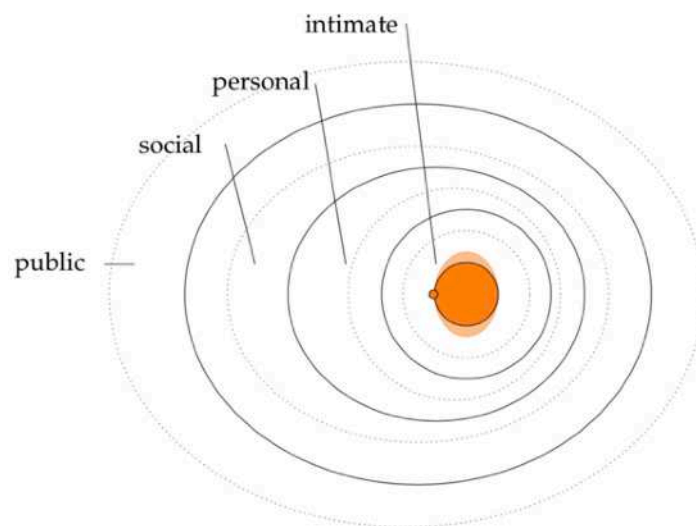
Die Handlungsträgerschaft von Assistenzsystemen und sozialen Robotern wird nach unterschiedlichen Graden der Handlungsträgerschaft differenziert, d.h., nicht jede Technik wird automatisch als Handlungsträger qualifiziert. Die Frage nach der Handlungsträgerschaft von Technik wird in dieser Arbeit als ein Konzept erarbeitet, das auf der Zuschreibung von Handlungs- und Interaktionsfähigkeiten einer Technik beruht (siehe Kapitel 7). Diese beobachtbaren Eigenschaften und Fähigkeiten werden als Konstitutionsprozesse sozialer Räume aufgefasst.

4.2. Raum und sozialer Raum

Der soziale Raum findet sowohl in der Entwicklung robotischer Systeme als auch im aktuellen Diskurs in der sozialen Robotik und der Mensch-Roboter-Interaktion bislang wenig Beachtung. Die aktuellen wissenschaftlichen Diskurse zur sozialen Robotik und zu sozialen Räumen haben sich bislang kaum gegenseitig rezipiert. Sie finden größtenteils unabhängig voneinander und ohne Bezugspunkte zueinander statt. In der sozialen Robotik lässt sich Raum vorwiegend in zwei Erscheinungsformen beobachten: als geometrisches Konstrukt und als Handlungs- und Wahrnehmungshintergrund.

Proxemik

Ansätze der Berücksichtigung des Themas sozialer Raum in aktueller Forschung zu sozialer Robotik finden sich in Untersuchungen zur Proxemik. Hier wird Raum als Variable einer konkreten Interaktion oder Situation untersucht. Der von Hall (1966) geprägte Begriff der Proxemik wird oft als Ausgangs- und Referenzpunkt für die Beschäftigung mit der Thematik Raum verwendet (Koay, Syrdal, Ashgari-Oskoei, Walters & Dautenhahn, 2014; Lam, Chou, Chiang & Fu, 2011; Syrdal et al., 2013; Walters et al., 2005). Hall geht von einer Person aus und beschreibt anschaulich unterschiedliche Distanzen des persönlichen Raumes anhand motorischer und sensorischer Fähigkeiten in der jeweiligen Distanz. Er unterscheidet dabei zwischen der Intimdistanz, persönlicher Distanz, sozialer Distanz und öffentlicher Distanz, wobei jede Distanz jeweils in eine nahe und weite Phase unterteilt wird.



Schema des persönlichen Raumes nach Hall (1966) bestehend aus Intimdistanz, persönlicher Distanz, sozialer Distanz und öffentlicher Distanz (Lindner, 2015, p. 12)

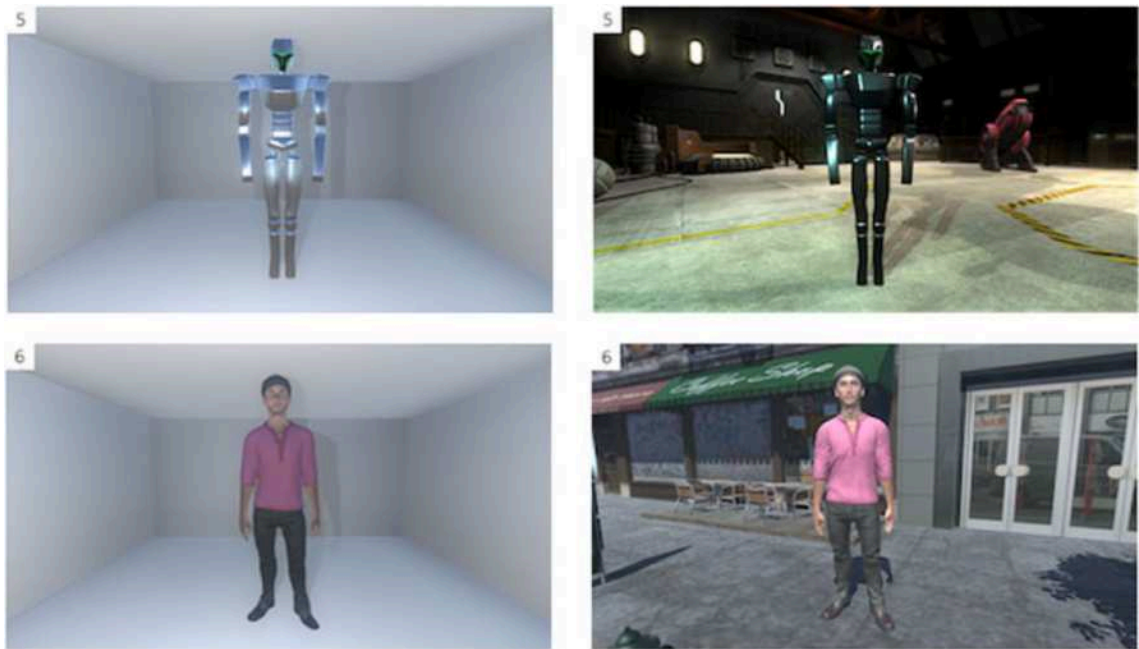
Die nahe Phase der intimen Distanz bezeichnet beispielsweise die Distanz „*of love-making and wrestling, comforting and protecting*“ und beinhaltet „*olfaction, heat from the other person's body, sound, smell, and feel of the breath*“ (Hall, 1966, p. 116). Die weite Phase der persönlichen Distanz „*extends from a point that is just outside easy touching distance by one person to a point where two people can touch fingers if they extend both arms*“ (Hall, 1966, p. 120). In Halls Rezeption in der sozialen Robotik werden die Distanzzonen allerdings allzu schnell auf ein geometrisches Konstrukt im Sinne absoluter messbarer Distanzen reduziert. Raum wird dabei vorwiegend als ein euklidischer, dreidimensionaler, für sich existierender und kontinuierlicher Raum verstanden. Diese Raumvorstellung steht im Einklang mit den sensorbasierten Möglichkeiten technischer Systeme, ihre Umgebung zu erfassen. Nach dieser Vorstellung finden Handlungen und soziale Prozesse *in* einem Raum statt, der das Denken und die Orientierung leitet.

Raum als Handlungshintergrund

In der sozialen Robotik wird Raum oft als Handlungshintergrund für die Akteure Mensch und Roboter thematisiert (Łupkowski, Rybka, Dziedzic & Włodarczyk, 2019). Dabei wird Raum als ein für sich existierender Behälter verstanden, in dem sich die Untersuchungsgegenstände – meist soziale Roboter und Menschen - befinden und in dem verschiedene Abläufe und Interaktionen stattfinden.

Exemplarisch für das Raumverständnis als Wahrnehmungshintergrund in der sozialen Robotik ist eine Studie über den Zusammenhang zwischen Roboter und dessen Hintergrund in der menschlichen Wahrnehmung. In der Studie *The Background Context Condition for the Uncanny Valley Hypothesis*³ (Łupkowski et al., 2019) wurden den Versuchspersonen Bilder verschiedener humanoider Roboter gezeigt – einmal vor einem neutralen Hintergrund („*neutral background*“) und einmal vor einem zu dem jeweiligen Roboter passenden Hintergrund („*suitable background*“).

³ Die Hypothese des *uncanny valley* (unheimliches Tal) wurde von Masahiro Mori (1970) erstmals formuliert und beschreibt, dass fast, aber nicht vollständig menschenähnliche künstliche Charaktere, ein Gefühl des Unbehagens beim Betrachter auslösen.



Beispiel für zwei Robotermodelle der Studie, links vor einem neutralen Hintergrund und rechts vor einem passenden Hintergrund (Łupkowski et al., 2019, p. 32)

In der Studie wurden Bilder unterschiedlicher Robotermodelle verwendet, die verschiedene Stufen der menschlichen Ähnlichkeit abdecken: technoide Roboter, animierte Charaktere oder Androide. Untersucht wurden die emotionalen Reaktionen auf die unterschiedlichen Robotermodelle und Hintergrundsituationen. Interessant für das Raumverständnis in der sozialen Robotik sind weniger die Ergebnisse der Studie an sich, als die impliziten Annahmen der Studie. Zum einen, dass Raum als ein Hintergrund für die menschliche Wahrnehmung von Robotern verstanden wird; und zum anderen, dass es einen *neutralen* bzw. *passenden* Hintergrund zu einem jeweiligen Roboter gibt. Beide Annahmen fügen sich in die vorherrschende Sichtweise in der sozialen Robotik, dass Raum als eine Art *Behälter* für Menschen und Objekte verstanden wird.

Relationales Raumverständnis

Die zuvor beschriebenen Raumvorstellungen gehen von einer Trennung von Raum und sozialen Prozessen aus. Raum wird darin als etwas an sich Existierendes aufgefasst, das Handlungen und sozialen Prozessen gegenübersteht. Im Unterschied zu Raum als geometrisches Konstrukt und Raum als Handlungs- und Wahrnehmungshintergrund orientiert sich diese Arbeit an einem relationalen Raumverständnis. Ein relationales Raumverständnis hinterfragt die scheinbar selbstverständliche und alltägliche

Raumerfahrung, in einem Raum zu leben, bildlich ausgedrückt, „dass der Raum wie ein Behälter das soziale Geschehen zu umschließen scheint“ (Löw, 2001, p. 63). Ein solches Raumverständnis verortet die Entstehung von Raum im Erleben, Handeln und Wahrnehmen. Erst dies ermöglicht es, die Entstehung von Raum selbst zu untersuchen. Damit löst sich Löw von dem „dreidimensionalen euklidischen Raum als unumgängliche Voraussetzung jeder Raumkonstitution“ und spricht diesem Raum eine „eigene Realität jenseits des Handelns“ ab (Löw, 2001, p. 63).

Elisabeth Ströker (1977) geht in ihrem Raumverständnis vom Individuum als *Leibsubjekt* aus und bestimmt Raum als Bezug zu diesem. Je nach Bezug zum Leibsubjekt unterscheidet Ströker drei Raumtypen, die unterschiedliche Strukturen und Aspekte des Raumes abbilden: der gestimmte Raum, der Aktionsraum und der Anschauungsraum. Der Aktionsraum ist durch das bewegte Leibsubjekt und dessen zielgerichteten Handlungen bestimmt. Der Anschauungsraum bezeichnet ausgehend vom Subjekt den Wahrnehmungsprozess des Raumes. Der Aspekt des gestimmten Raumes bezeichnet das affektive Erleben des Raumes, das durch die permanente Wechselwirkung des Subjektes mit dem Raum entsteht.

Martina Löw (2001) entwickelt Raum als einen relationalen Grundbegriff der Soziologie, indem sie sich von absoluten Raumvorstellungen, insbesondere von Isaac Newtons aber auch Immanuel Kants Raummodell abgrenzt.

„Der dreidimensionale Raum bildet nicht die Grundlage eines soziologischen Raumbegriffs, sondern eine Dimension der alltäglichen Syntheseleistung, die es im soziologischen Raumbegriff zu berücksichtigen gilt.“

(Löw, 2001, p. 66)

Löw stellt dazu Newtons Modell des absoluten Raumes Leibniz' Auffassung von Raum als Inbegriff möglicher Lagebedingungen gegenüber (Löw, 2001, p. 27). Mit ihrem Raumbegriff bezieht sie sich auf relativistische Raumkonzeptionen von Pierre Bourdieu, Michel Foucault und Norbert Elias. Maßgeblich ist dabei Anthony Giddens' Theorie der Strukturierung (Strukturationstheorie), um die Dualität der Struktur zu erklären, also die Wechselwirkung zwischen dem Handeln des Individuums und sozialen Strukturen (Giddens, 1988). Die Dualität der Struktur beschreibt, dass sich Akteure in ihren Handlungen auf gegebene Strukturen beziehen und durch ihr Handeln gleichzeitig soziale Strukturen hervorbringen und reproduzieren.

„Wenn jedoch davon ausgegangen werden kann, daß Räume im Handeln entstehen, dann können räumliche Strukturen nicht dem Gesellschaftlichen gegenübergestellt werden, sondern die in der Konstitution von Raum erzielte Reproduktion von Strukturen muß auch eine Reproduktion räumlicher Strukturen sein.“

(Löw, 2001, p. 167)

Ausgangspunkt von Löws Raumverständnis ist die relativistische Annahme, „daß Räume sich aus den Anordnungen der ‚Körper‘ ergeben“ (2001, p. 67). Um die Veränderungen von Räumen verstehen und beschreiben zu können, wird mit diesem relationalen Raumbegriff der Raum selbst und nicht nur die Handlungen innerhalb dessen oder in Bezug zu einem Raum als etwas Bewegtes gefasst. Löw bezieht sich dabei auf Norbert Elias’ Kritik, dass überlieferte Denk- und Sprachstrukturen zunächst vom Zustand der Ruhe aus gebildet und Veränderungen und Bewegungen erst nachträglich hinzugefügt werden:

„Wir sagen: Der Wind weht, als ob der Wind zunächst ein ruhendes Etwas wäre, das sich zu einem bestimmten Zeitpunkt in Bewegung setzt und zu wehen beginnt – als ob der Wind etwas anderes wäre als das Wehen, als ob es einen Wind geben könnte, der nicht weht.“

(Elias, 2000, p. 119)

In ähnlicher Weise hinterfragt Löw den Begriff des Raumes als etwas, das in Ruhe existieren könne und beschreibt Raum selbst als prozesshaftes Geschehen. Sie bezieht sich dabei auf Michel Foucault, der kritisiert, dass Raum mit „Sein“ und Zeit mit „Werden“ verknüpft wird, sowie auf Doreen Maseys Beobachtung „die Zeit schreite fort, während der Raum nur herumlungert“ (vgl. Löw, 2001, p. 65).

In Löws handlungstheoretischem Ansatz wird die Konstitution von Raum in den Prozess des Handelns eingebunden. Raum wird als ein dynamisches Gebilde aus materiellen und symbolischen Komponenten entwickelt, das in Handlungsabläufe integriert ist und aus der (An)Ordnung von Menschen und sozialen Gütern abgeleitet wird. Sozialer Raum entsteht durch Anordnungs- und Wahrnehmungsprozesse und wird aus diesen heraus erklärt. Löw entwickelt so einen „prozessualen Raumbegriff, der das *Wie* der Entstehung von Räumen erfaßt“ (Löw, 2001, p. 15), indem Handeln und Wahrnehmen direkt an die Entstehung von Raum gekoppelt werden.

4.3. Mensch-Roboter-Interaktion

Die soziale Robotik ist ein relativ junges, interdisziplinäres Forschungsfeld, das sich mit der Interaktion zwischen Menschen und Roboter (*human-robot interaction* - HRI) beschäftigt. Soziale Robotik verbindet interdisziplinär die Bereiche Maschinenbau und Informatik mit Kognitions- und Verhaltenswissenschaften. Zentral für die soziale Robotik ist die Untersuchung und Ausgestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Roboter. Es haben sich noch keine allgemein anerkannten Methoden zur Erforschung der HRI etabliert, wobei die Entwicklung geeigneter Forschungsmethodiken selbst Teil des wissenschaftlichen Diskurses ist. Daher greift die Forschung der Mensch-Roboter-Interaktion oftmals auf Erkenntnisse und Methoden aus der Mensch-Computer Interaktion (*human-computer interaction* - HCI) zurück. Empirische Studien der sozialen Robotik werden oftmals an von den Forschern selbst entwickelten Prototypen durchgeführt. Die Reproduktion von einzelnen Forschungsergebnissen sowie eine Verallgemeinerung und Übertragbarkeit auf andere Roboter stellen daher eine Herausforderung in der aktuellen Forschungslandschaft dar.

Ansätze der Interaktion mit sozialen Robotern

Aus konzeptioneller Sicht lassen sich verschiedene Ansätze in der Gestaltung der sozialen Interaktion mit Robotern beobachten. Die drei dominanten - sich jedoch nicht ausschließenden - Sichtweisen im Diskurs der Mensch-Roboter-Interaktion sind der menschenzentrierte Ansatz, der roboterzentrierte Ansatz und der Roboter-kognitionszentrierte Ansatz (Dautenhahn, 2007b). Die jeweilige Perspektive zeigt sich im gesamten Entwicklungszyklus eines Roboters, einschließlich der physischen Gestaltung und der Programmierung des Roboters.

Der dominierende Ansatz im Diskurs der sozialen Robotik ist der menschenzentrierte bzw. benutzerzentrierte Gestaltungsansatz (Welge, Hassenzahl & Schwarz, 2016). Dieser Ansatz betrachtet die Interaktion in Bezug darauf, wie eine Person reagiert und wie sie einen Roboter interpretiert. Wie wird etwa das Aussehen eines Roboters von Menschen wahrgenommen? Wesentlich für diesen Ansatz ist es, die Bedürfnisse der Nutzer zu verstehen, um Akzeptanz und Glaubwürdigkeit in der Interaktion herzustellen (Dautenhahn, 2007b). Der menschenzentrierte Ansatz berücksichtigt daher die Erwartungen und Einstellungen der Nutzer zu einem Roboter. Es werden meist multimodale Interaktionsformen angeboten (z.B. akustisch, visuell, taktil) und Roboter führen ihre Handlungen in einer vom Menschen akzeptierten Weise aus.

Die roboterzentrierten Ansätze gehen vom Roboter als einer autonomen Einheit aus und betrachten, wie sich die Handlungen, Eigenschaften und Konstruktionsmerkmale eines Roboters auf die soziale Interaktion auswirken (Young et al., 2011). Die soziale Interaktion wird als notwendiger Aspekt eines Roboters angesehen, um seine Handlungen auszuführen und seine vorgegebenen Ziele zu verfolgen. Als eine starke Ausprägung des roboterzentrierten Ansatzes kann der Roboter-kognitionszentrierte Ansatz gesehen werden. Dieser Ansatz anerkennt den Roboter als ein autonomes intelligentes System im Sinne einer starken künstlichen Intelligenz.

In der praktischen Entwicklung und Gestaltung von Robotern können sich der menschenzentrierte und der roboterzentrierte Ansatz ergänzen. Die Synthese dieser Ansätze erlaubt es, den Entwicklungs- und Gestaltungsprozess aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten (Young et al., 2011). In der Zusammenführung können soziale und kontextspezifische Überlegungen berücksichtigt werden: Wie erlebt eine Person die Interaktion? Wie kann der Roboter selbst diese Erfahrung beeinflussen?

Zeitliche Ebenen der Interaktion

Die soziale Interaktion mit Robotern kann auch auf einer zeitlichen Ebene betrachtet werden, die jeweils unterschiedliche Reaktionen und Mechanismen anspricht. Dabei lassen sich drei Ebenen unterscheiden (Young et al., 2011):

- viszerale Faktoren der Interaktion: Bezeichnet die biologischen und instinktiven Reaktion einer Person, wie z.B. Angst, Freude, Glück oder Frustration.
- soziale Mechanismen der Interaktion: Betrachtet die Kommunikationsformen, die in der Interaktion verwendet werden. Beispiele für soziale Mechanismen sind z.B. Mimik, Blicke, Körpersprache oder persönlicher Raum.
- soziale Strukturen der Interaktion: Umfasst die viszerale Faktoren und sozialen Mechanismen der Interaktion über einen längeren Zeitraum. Sie betrachtet die Veränderungen in den sozialen Beziehungen zwischen Mensch und Roboter, etwa welchen Einfluss Roboter auf die soziale Struktur einer Familien hat.

Paradigmen in der Beziehung von Mensch und Roboter

Die menschenzentrierten und roboterzentrierten Ansätze zur sozialen Interaktion mit Robotern basieren auf jeweils unterschiedlichen Paradigmen über die Beziehung von

Mensch und Roboter. Der menschenzentrierte Ansatz basiert auf dem Paradigma des Roboters als Assistent oder Companion des Menschen, der roboterzentrierte Ansatz basiert auf dem Paradigma des Menschen, der für den Roboter sorgt (Dautenhahn, 2007b).

Tabelle 2: Gegenüberstellung der menschen- und roboterzentrierten Ansätze zur sozialen Interaktion und den Paradigmen in der Beziehungen zwischen Mensch und Roboter.

Ansätze der Interaktion	Paradigmen der Beziehung	Eigenschaften
menschzentrierte Ansatz	Roboter als Assistent oder Companion des Menschen	Bedürfnisse der Nutzer, Akzeptanz, Glaubwürdigkeit
roboterzentrierte Ansatz	Mensch sorgt für Roboter	Roboter als (teil)autonome Einheit

Menschzentrierte Ansatz

Dem Paradigma des Assistenten oder Companion folgend besteht die Rolle des Roboters darin, den Menschen zu unterstützen, indem er die Bedürfnisse des Menschen identifiziert und darauf reagiert (menschzentrierte Ansatz). Wichtige Merkmale dieser unterstützenden Rolle sind ein rücksichtsvolles, proaktives und unaufdringliches Auftreten des Roboters, die Entwicklung einer Vertrauensbasis, reibungslose Kommunikationsfähigkeiten, Zuverlässigkeit, die Fähigkeit zu lernen und sich an Menschen und deren Lebensraum anzupassen (Dautenhahn, 2007b). Die Rolle des Roboters entspricht dem eines persönlichen Assistenten oder Butlers, unterscheidet sich aber von einer „Master-Slave“-Beziehung.

*"This paradigm considers robots as caretakers or assistants of humans: the role of the robot is to identify and respond to the human's needs, primarily in the sense of assisting in certain tasks."
(Dautenhahn, 2007b, p. 700)*

Roboterzentrierte Ansatz

Dem entgegen steht das Paradigma des Menschen, der für den Roboter sorgt. In dieser roboterzentrierten Sichtweise identifiziert und reagiert der Mensch auf die Anforderungen der Roboters. Die soziale Interaktion mit dem Roboter beinhaltet ein emotionales, psychologisches und physiologisches Einlassen des Menschen auf den

Roboter. Es stellt sich die Frage, ob die Reaktionen, die wir von Robotern erhalten, ebenso lohnenswert, erfüllend und befriedigend sein können wie die, die wir von Lebewesen wie Menschen oder Tieren erhalten.

"This paradigm considers humans as caretakers of robots: the role of the human is to identify and respond to the robot's emotional and social ,needs'."

(Dautenhahn, 2007b, p. 698)

Das Paradigma des Menschen, der für den Roboter sorgt, wirft ethische Fragen auf, wie etwa ob es verantwortungsvoll ist, Roboter zu entwickeln, mit denen Menschen freundschaftliche oder partnerschaftliche Beziehungen eingehen.

Verbindende Ansätze

„Providing assistance is a two-way street. Developing that two-way street may prove to be one of the most significant obstacles to realizing an artificial personal servant.“

(Iba, 2013, p. 54)

Seit einigen Jahren kann im Diskurs zur Mensch-Roboter-Interaktion zunehmend eine Verbindung des menschenzentrierte Ansatzes mit dem roboterzentrierte Ansatz beobachtet werden (Mayer & Panek, 2013; Sciutti, Mara, Tagliasco & Sandini, 2018). Das „Mutual Care“-Konzept basiert etwa auf der Annahme, dass ältere Menschen eher die Hilfe eines Roboters annehmen, wenn sie in bestimmten Situationen den Roboter auch selbst unterstützen (Mayer & Panek, 2013). Der Ansatz „*Humanizing Human-Robot Interaction*“ rückt ein gegenseitiges *Verständnis* von Mensch und Roboter in das Zentrum der Interaktion (Sciutti et al., 2018). Auch wenn Roboter kein Verständnis im menschlichen Sinn besitzen oder entwickeln, so sollten Roboter doch aufmerksame Beobachter menschlichen Verhaltens und rücksichtsvolle Akteure in der Mensch-Roboter-Interaktion sein.

„It is an approach that ultimately leads us to the necessity of mutual understanding between humans and machines – and therefore to a new design paradigm in which collaborative machines not only must be able to anticipate their human partner's goals but at the same time enable the human partner to anticipate their own goals as well.“

(Sciutti et al., 2018, p. 23)

Dafür ist es auf der einen Seite notwendig, dass Roboter in der Lage sind, menschliche Absichten und Handlungen zu erfassen und sinnvoll zu interpretieren. Hierfür sollten Roboter die subtilen Signale lesen und verstehen können, die Menschen auf natürliche Art und Weise bei alltäglichen Interaktionen austauschen, etwa wohin Menschen schauen oder mit welcher Geschwindigkeit sie eine Bewegung ausführen (Sciutti et al., 2018).

Auf der anderen Seite sollten Roboter und deren Verhalten so gestaltet sein, dass ihre Ziele für den Menschen lesbar sind und ihre Handlungen dadurch antizipiert werden können. Hierfür ist es entscheidend, dass Roboter bevorstehende Handlungen proaktiv kommunizieren, um mögliche Unsicherheiten zu reduzieren und die grundlegenden menschlichen Bedürfnisse nach Klarheit, Kontrolle und vorhersehbaren Ereignissen zu erfüllen (Sciutti et al., 2018).

„Only the effective combination of understanding and being understood will allow establishing a balanced interaction between the two agents, human and robot, making their collaboration seamless and intuitive.“

(Sciutti et al., 2018, p. 27)

Ein Verständnis der Fähigkeiten und der zukünftigen Handlungen eines Roboters sind daher ein entscheidender Aspekt, um Ängste und Vorurteile gegenüber Roboter abzubauen und deren Akzeptanz zu erhöhen. Eine Rücksichtnahme auf den Menschen erfordert auf der Seite des Roboters, dass er in der Lage ist, die Fähigkeiten des Menschen auf individueller und persönlicher Ebene zu erkennen (Sciutti et al., 2018). Dabei spielen neben der Individualität einer Person auch die jeweilige soziale Situation und der kulturelle Kontext eine wesentliche Rolle.

Die Beziehung zwischen Mensch und Roboter reicht über die Analyseeinheit Mensch-Roboter hinaus. Es ist daher sinnvoll die Mensch-Roboter-Beziehung in einen weiteren sozialen Kontext zu stellen (Kahn, Freier, Friedman, Severson & Feldman, 2004). Dazu ist es notwendig zwischen der individuellen Beziehung einer Person zu einem Roboter und der Art und Weise zu unterscheiden, wie ein Roboter soziales Verhalten auch zu anderen Personen beeinflusst. Eine Langzeitstudie hat die psychologischen Auswirkungen des Roboterhundes Aibo auf älterer Menschen in ihren Wohnumgebungen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Roboter Aibo ähnlich wie echte Hunde auch die Interaktion zwischen Menschen fördert. In dieser Funktion

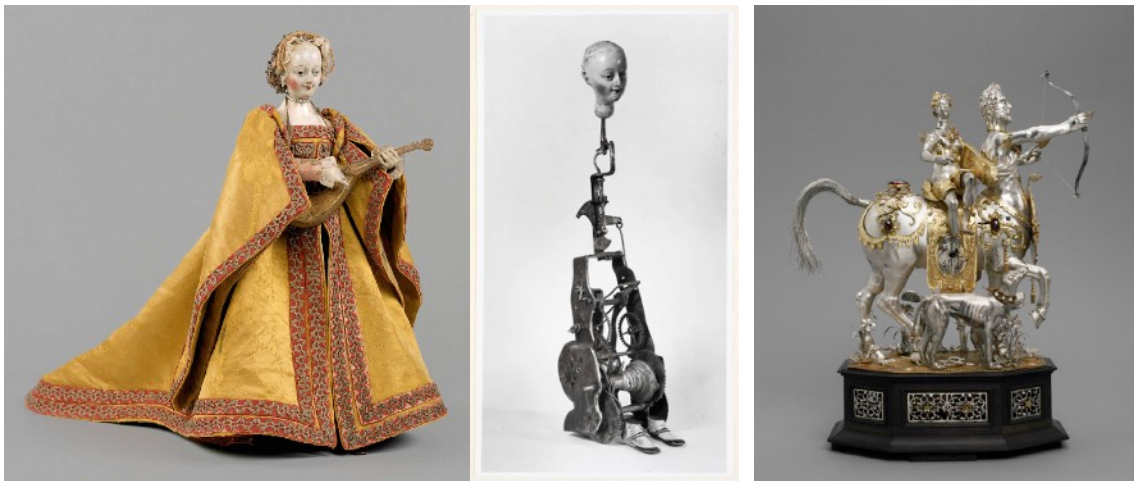
agiert der Roboter als „social lubricant“ (*soziales Schmiermittel*) indem ein Roboter Mensch-Mensch-Interaktionen vermittelt oder unterstützt (Kahn et al., 2004).

5. Wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Hintergrund

5.1. Historische Aspekte: Automaten und Roboter

Tischautomaten

Am Hof Kaiser Rudolf II. wurden Gäste mit technisch raffinierten, sogenannten Tischautomaten unterhalten. Diese waren mit einer für diese Zeit komplizierten Mechanik ausgestattete, miniaturisierte Konstruktionen und dienten zur Belustigung der Gesellschaft bei Tisch.



Tischautomaten: Cisterspielerin, 2. Hälfte 16. Jahrhundert, Augsburg (links und Mitte); Diana auf dem Kentauren, ca. 1600, Augsburg (rechts) (Quelle: Kunsthistorisches Museum Wien, Kunstammer)

Der Tischautomat *Diana auf dem Kentauren* war Teil eines Trinkspiels, dessen Figuren den Kopf und die Augen bewegten, während er in verschiedenen Richtungen über den Tisch fuhr. Am Ende schoss der Kentaur einen kleinen Pfeil ab und jener Gast, in dessen Richtung der Pfeil flog, musste sein Glas leeren. Die *Cisterspielerin*, eine mechanische Puppe, schlug die Cister, konnte den Kopf drehen und bewegt sich scheinbar mit trippelnden Schritten vorwärts. Die Tischautomaten waren in soziale Situationen eingebettet, versetzten die Beobachter in Staunen und interagierten mit ihnen als Teil eines unterhaltsamen Erlebnisses. Die Bereiche Technik und Kunst bildeten eine Einheit.

Karakuri

Vergleichbares gab es in einem anderen Kulturkreis im Japan des 18. und 19. Jahrhunderts. Bei den Karakuri handelte es sich um kleinere oder größere mechanische Puppen oder Marionetten. Ein bekanntes Beispiel ist der Karakuri-Teeautomat (Cha-hakobi ningyo). Er ist eine Art kleine automatisierte Puppe, die meist im privaten Rahmen benutzt wurde. Durch einen Mechanismus konnte sie über den Tisch fahren und einem Gast Tee servieren. Der Automat ist so konstruiert, dass er sich in Bewegung setzt sobald eine Tasse auf seinen Händen abgestellt wird und eine bestimmte Strecke rollt. Der Automat stoppt, wenn der Gast die Teetasse entgegennimmt. Wird die Teetasse wieder auf den Händen des Automaten abgestellt, dreht sich der Automat um und fährt an seinen Ausgangspunkt zurück.

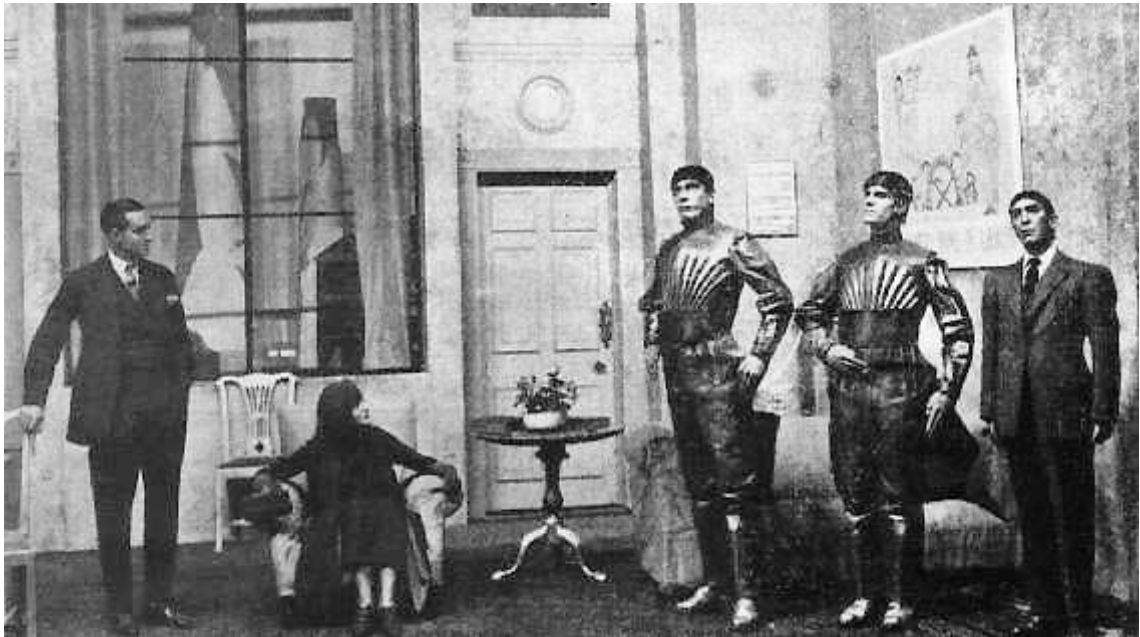


Cha-hakobi ningyo: Karakuri-Teeautomat, ca. 1800 (Quelle: www.britishmuseum.org)

Robota

Namengebend für die heutige Bezeichnung *Roboter* ist das Drama „R.U.R. - Rossum's Universal Robots“ von Karel Čapek aus dem Jahr 1921. In R.U.R. werden die Themen Roboter als Arbeitsmaschinen und Zerstörung durch Roboter thematisiert. Čapek beschreibt in seinem Drama Arbeitsmaschinen – sogenannte *robota* –, die als zuverlässige, billige und emotionslose Arbeitskräfte einfacher zu handhaben waren als menschliche Arbeitskräfte. Der Vorschlag für die Bezeichnung *robota*, tschechisch für Frondienst oder Zwangsarbeit, kam von Karel Čapeks Bruder Josef Čapek. Eine Rebellion der Roboter führt jedoch zur Vernichtung der Menschheit. Der Begriff *robota*

fand bald Eingang in die Alltagssprache anderer Länder und wurde auch auf nicht menschenähnliche Maschinen übertragen.



R.U.R., Inszenierung um 1935 (Quelle: <http://www.umich.edu/~engb415/literature/pontee/RUR/RURsmry.html> [Zugriff: 25.07.2019])

Das heute gängige Bild eines Roboters ist das einer anthropomorph geformten Maschine. Auch die heutige Rollenerwartung an Roboter weist funktional, sozial und kulturell Parallelen zur Rolle der *roboti* im Theaterstücks R.U.R. auf: Funktional in der Weise, dass Roboter Tätigkeiten von Hausangestellten, Dienstboten oder Pflegepersonal übernehmen und dadurch dem Menschen unangenehme Tätigkeiten abnehmen sollen; sozial in der Weise, dass Roboter zu sozialen Interaktionen fähig und Teil des menschlichen Lebensraums sein sollen. Roboter werden jedoch auch zunehmend als etwas Bedrohliches wahrgenommen. In Europa verzeichnet die öffentliche Meinung zu Robotern in den letzten Jahren einen negativen Trend, insbesondere bei Robotern, die den Menschen bei der Arbeit unterstützen (Gnambs & Appel, 2019).

5.2. Der Begriff des sozialen Roboters

Die Bezeichnung *sozial* bezieht sich bei Robotern darauf, dass diese Art von Robotern dem Menschen ähnliche soziale Interaktionsformen nutzen. Wenn Roboter als *sozial*, *interaktiv* oder *assistiv* bezeichnet werden, dann nicht, um eine Gleichstellung mit menschlichen Sozial-, Interaktions- und Assistenzformen zu unterstellen, sondern um

auf die menschlicher Sozial-, Interaktions- und Assistenzformen nachgebildete Wirkung und Wechselwirkung hinzuweisen.

In der englischsprachigen Literatur werden Roboter auch als *socially evocative*, *socially situated*, *sociable*, *socially intelligent* oder *socially interactive* bezeichnet. Die als sozial beschriebenen Wirkungsweisen dieser Roboter spielen eine entscheidende Rolle in einer erfolgreichen Mensch-Roboter-Interaktion (Human-robot interaction, HRI) (Dautenhahn, 2007; Duffy, 2003; Young et al., 2011). Die Anforderungen an die sozialen Fähigkeiten der Roboter unterscheiden sich nach dem Ausmaß des menschlichen Kontaktes mit dem Roboters (keiner bis Langzeitkontakt), den Aufgaben des Roboters (eingeschränkt, klar definiert, angepasst bis zu selbstlernend), und der Rolle des Roboters (Maschine, Werkzeug, Assistent, Partner) (Dautenhahn, 2007).

Aufgrund der vielfältigen Anwendungsbereiche und unterschiedlichen Eigenschaften wird in der Forschung zur *Human-robot Interaktion* (HRI) nahezu jeder Roboter, der mit einer Person interagiert, als sozialer Roboter bezeichnet. Darunter befinden sich Saugroboter für den Haushalt, therapeutische Roboter und menschenähnliche Androide.

Obwohl manche sozialen Roboter explizit männliche, weibliche oder kindliche Erscheinungsformen annehmen, um dadurch gezielte geschlechts- und altersspezifische Reaktionen hervorzurufen, hat sich in der Literatur der Konsens gebildet, Roboter stets mit dem sächlichen Geschlecht zu beschreiben (deutsch: „es“; englisch: „it“).

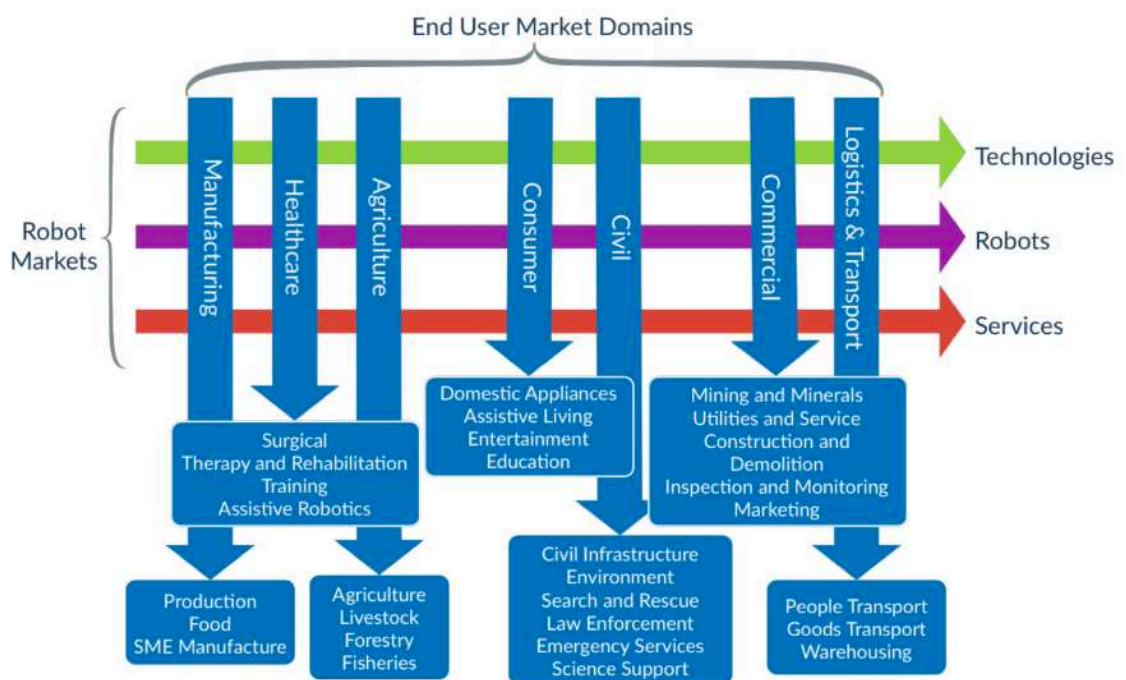
Auch wenn sich der Begriff sozialer Roboter in der Fachliteratur zur Mensch-Roboter-Interaktion durchgesetzt hat, gab es zu Beginn durchaus Kritik an diesem Ausdruck. Beispielsweise wird angeführt, dass durch die Bezeichnung sozial impliziert wird, dass diese Roboter tatsächlich *sozial* im sozialwissenschaftlichen Verständnis seien (Kahn et al., 2004). Als Alternative schlagen Kahn et al. den Begriff *robotic others* vor, der ihnen zufolge weniger verbindlich hinsichtlich des ontologischen Status von Roboters ist, und weniger stark vorgibt, wie Menschen den gesellschaftlichen Status eines Roboters interpretieren.

5.3. Anwendungsbereiche der Robotik

Die Europäische Union (EU) veröffentlicht in Zusammenhang mit dem Forschungsprogramm Horizon 2020 jährlich das Strategiepapier Multi-Annual Roadmap (Horizon 2020, 2017). In diesem Strategiepapier werden auch die

Rahmenbedingungen und Kategorien für den Bereich Robotik vorgestellt. Das Strategiepapier ist ein Leitfaden, das technologische und strategische Entwicklungen in der Robotik aus den Bereichen Forschung, Entwicklung und Innovation identifiziert.

Soziale Roboter werden in den Märkten Gesundheit (*healthcare*) und Endkunden (*consumer*) angeführt. Als Anwendungsfelder in diesen Bereichen werden Assistenz- und Therapieroboter, betreutes Wohnen, Heimgeräte, Unterhaltung und Bildung genannt. Dies sind auch die Anwendungsbereiche, auf die sich diese Arbeit bezieht.



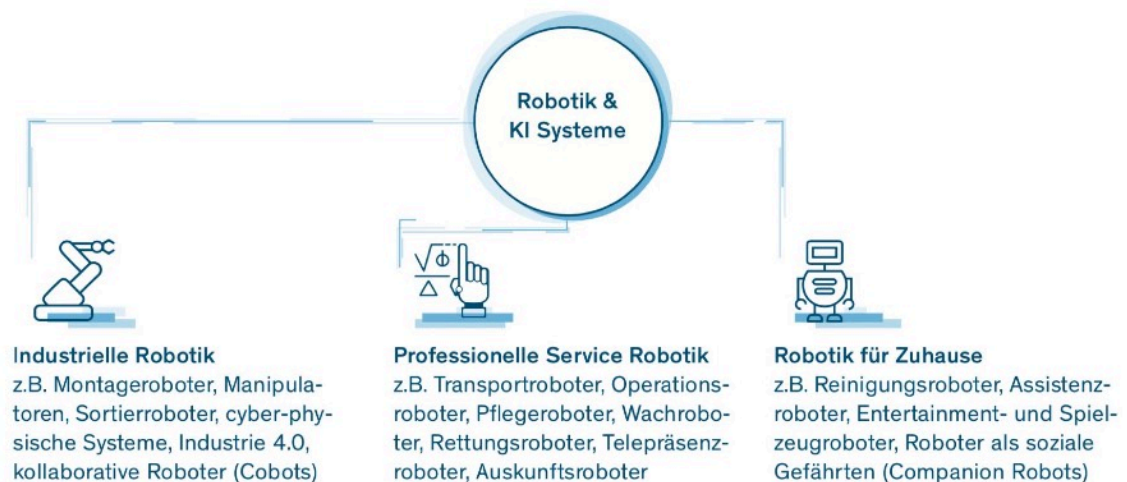
Anwendungsbereiche der Robotik: Fertigung, Gesundheitswesen, Landwirtschaft, Konsumentenroboter, zivile und kommerzielle Anwendung, Logistik und Transport (SPARC, 2016, p. 5)

Auch das Forschungs- und Strategieprogramm Robotics 2020 (Horizon 2020, 2017) unterscheidet robotische Assistenzsysteme in die Kategorien Companion-Roboter und Serviceroboter, wobei robotische Assistenzsysteme auch Aspekte beider Kategorien erfüllen können:

- Companion-Roboter sind auf kognitive und soziale Unterstützung ausgelegt. Sie erinnern an die Medikamenteneinnahme, animieren zu körperlicher Bewegung oder schlagen soziale Aktivitäten vor.

- Serviceroboter bieten physische oder kognitive Unterstützung, indem sie beispielsweise die Mobilität von Personen erleichtern (*robotic mobility aids*) oder Gegenstände transportieren (*fetch & carry support*).

Eine ähnliche Klassifizierung der Einsatzfelder für Robotik nimmt der Österreichische Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz vor (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018, p. 46). Er unterscheidet zwischen industrieller Robotik, professioneller Service Robotik und Robotik für das Zuhause.



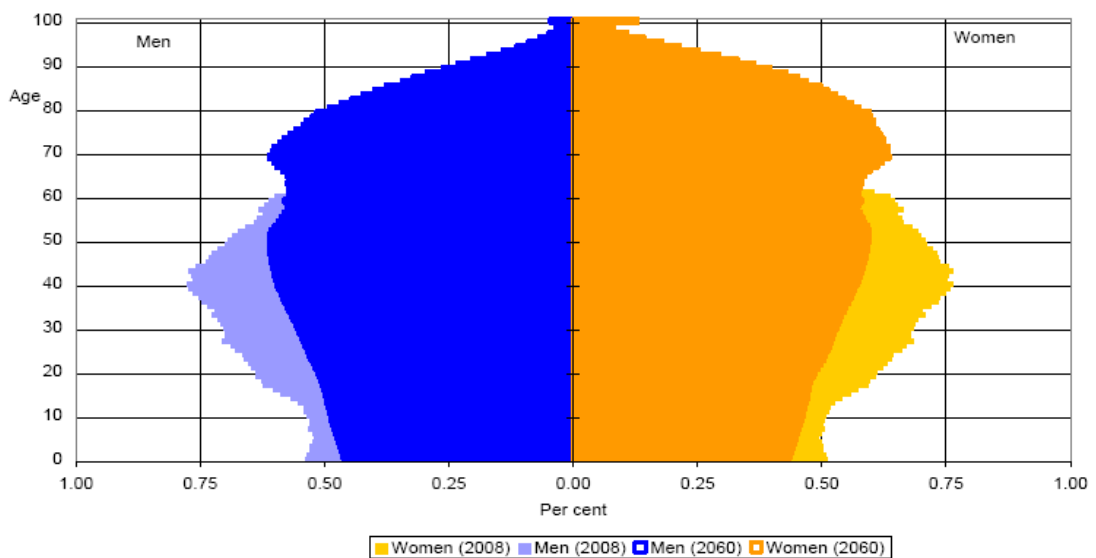
Einsatzfelder Robotik (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018, p. 46)

Viele der Anwendungsbereiche für Roboter verweisen direkt auf deren Einsatzort in Wohnumgebungen: Robotik für Zuhause, Domestic Appliances, Assistive Living. Es sind explizit die eigenen vier Wände, die persönliche Wohnumgebung, in denen die Begegnung von Mensch und Technologie stattfinden soll.

Weitere Anwendungsbereiche der Robotik, die außerhalb des Fokus dieser Arbeit liegen, sind *Manufacturing, Agriculture, Civil, Logistics and Transport*. Es handelt sich dabei vorwiegend um industriell genutzte Roboter, die zur Produktion, Fertigung oder zum Transport von Waren eingesetzt werden. Sie unterscheiden sich auch dadurch von sozialen Robotern, dass sie meist von geschultem und speziell qualifizierten Personen bedient werden. In manchen Bereichen der produzierenden Robotik, die mit dem Schlagwort Industrie 4.0 in Zusammenhang gebracht werden, ergeben sich Überschneidungen mit Forschungsfeldern der sozialen Robotik. Dies ist etwa in der industriellen Robotik bei kollaborierenden Mensch-Roboter-Systemen (Cobots) der Fall.

5.4. Robotik und der demografische Wandel

Die demografische Entwicklung in Österreich ist geprägt durch einen steigenden Anteil der älteren und einem sinkenden Anteil der jüngeren Generation. Die durchschnittliche Lebenserwartung steigt um zwei Jahre pro Jahrzehnt und liegt derzeit bei 77,7 Jahren bei Männern und 83,1 Jahren bei Frauen (WKÖ, 2017). In Deutschland werden jeder zweite Mann und drei von vier Frauen im Laufe des Lebens pflegebedürftig (Heinze, 2016). Anhaltend niedrige Geburtenraten und eine höhere Lebenserwartung verändern die Alterspyramide der Mitgliedstaaten der Europäischen Union. Aufgrund der Alterung der Nachkriegs-Babyboom-Generation wird der Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung in den kommenden Jahrzehnten deutlich zunehmen (Eurostat, 2018).

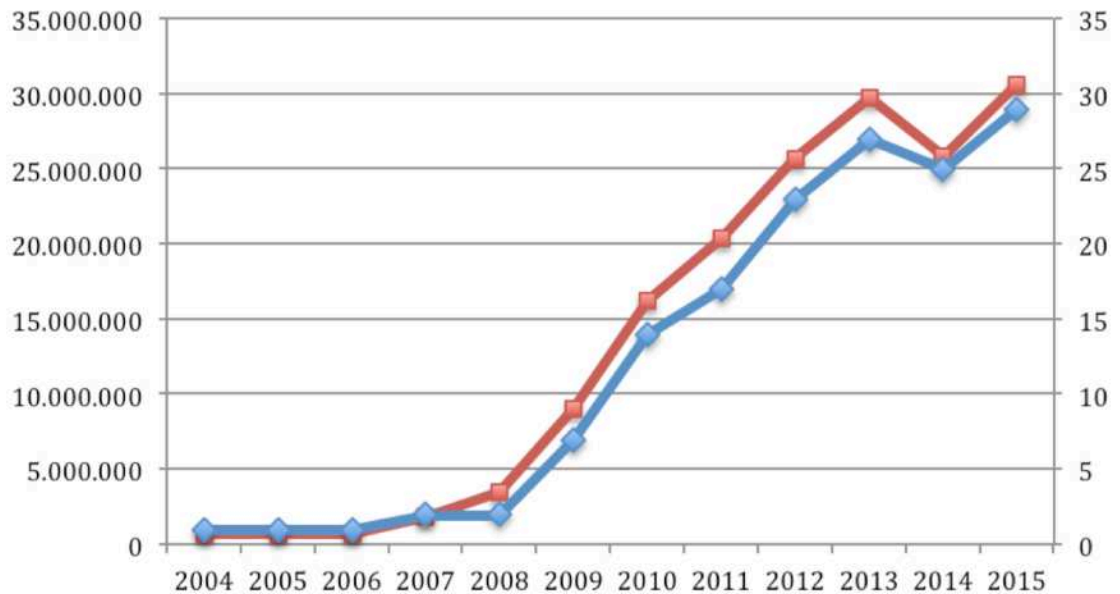


Source: Eurostat, EUROPOP2008 convergence scenario

Bevölkerungspyramiden der Europäischen Union: Daten von 2008 und Prognose für 2060 (Eurostat, 2008)

Der demografische Wandel in Form einer zunehmenden Alterung der Gesellschaft bei gleichzeitigem Mangel an Pflegepersonal wirkt als treibende Kraft in der Entwicklung technischer Assistenzsysteme. Pflegeroboter werden als eine Möglichkeit gesehen, um mit erwarteten Fachkräftemangel im Pflegebereich umzugehen (Čas et al., 2017, p. 26). Wie die Forschungslandschaft zu altersgerechten Assistenzsystemen (Ambient Assisted Living – AAL) und sozialen Robotern zeigt, stellt die Technologisierung vieler Lebensbereiche kein Phänomen einer jungen und technikaffinen Gruppe der Gesellschaft dar. Vielmehr wird verstärkt die ältere Generation als Zielgruppe spezieller

Forschungsbemühungen zu assistiven Technologien identifiziert. Altersgerechte Assistenzsysteme sind ein Beispiel eines Innovationsfeldes, in dem sich wirtschaftliche Überlegungen mit technischen und sozialen Innovationen überlagern. Hoch dotierte Förderprogramme schaffen ein institutionalisiertes Innovationsfeld, in dem sich auch die Regeln und Werte technischer und sozialer Innovation vermengen.

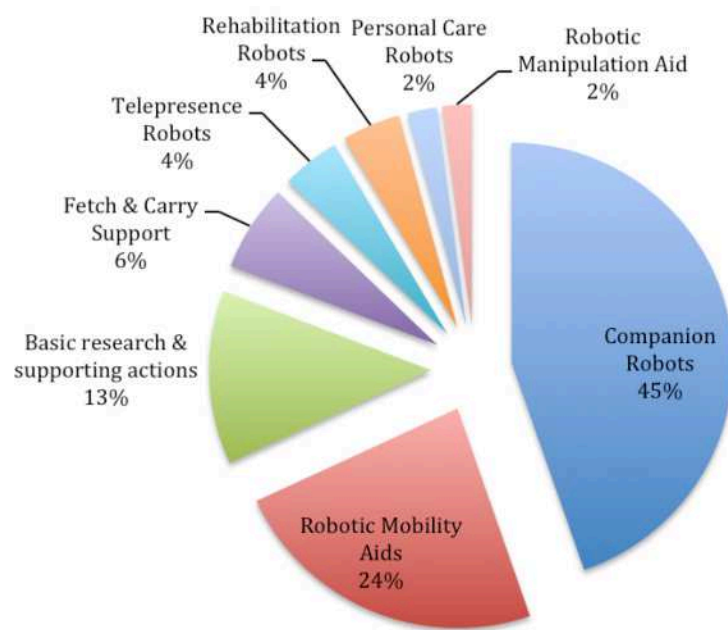


Jährliche Fördersumme der Europäischen Kommission (€) in Forschungsprojekte der AAL-Robotik (rot - links) und Anzahl laufender Forschungsprojekte pro Jahr (blau - rechts) (Payr et al., 2015, p. 36)

Im Rahmen europäischer Förderprogramme nimmt seit 2008 die Zahl der Forschungsprojekte und die jährlichen Investitionen in Forschungsprojekte der AAL-Robotik zu. Alleine in Deutschland liegt das geplante Fördervolumen der Fördermaßnahme „Robotische Systeme für die Pflege“ des *Bundesministeriums für Bildung und Forschung* (BMBF) bei ca. 20 Mio. Euro. Gefördert werden Forschungsprojekte ab Anfang 2020 mit einer Laufzeit von 3 Jahren. Die Fördermaßnahme zielt auf innovative Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Mensch-Technik-Interaktion ab, „welche die Selbstständigkeit und das Wohlbefinden von Pflegebedürftigen stärken, Pflege- und Betreuungskräfte sowie Angehörige physisch und psychisch entlasten und einen Beitrag zu einer qualitätvollen Pflege leisten“ (BMBF, 2018). Ähnliche Förderprogramme existieren auch in anderen Ländern, die Forscher und Unternehmen dabei unterstützen, Assistenztechnologien entlang der Bedürfnisse älterer oder pflegebedürftiger Personen zu entwickeln.

Seit einigen Jahren laufen Förderprogramme wie etwa das AAL Joint Programme der EU, das nationale Förderprogrammen „benefit“ der Förderinitiative „IKT der Zukunft“ der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) oder die Fördermaßnahme des BMBF „Altersgerechte Assistenzsysteme für ein gesundes und unabhängiges Leben – AAL“ in Deutschland. Das Programm „benefit“ beschrieb den demografischen Wandel als Chance zur Erforschung und Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen für ältere Menschen. Neue Technologien sollten die Lebensqualität dieser Personen verbessern und ein möglichst langes und autonomes Leben in den eigenen vier Wänden gewährleisten.

Eine Analyse der Ziele europäischer Forschungsprojekte im Bereich AAL-Robotik zeigt, dass die Entwicklung von Companion-Robotern die größte Kategorie (45%) der gesamten Forschungsprojekte ausmacht (Mitzner, Chen, Kemp & Rogers, 2014, p. 36). Etwa die Hälfte der Projekte können der Kategorie Serviceroboter zugeordnet werden.



Kategorien europäischer Forschungsprojekte der AAL-Robotik (2004 -2015) (Mitzner et al., 2014, p. 36)

Steigenden Kosten im Pflegebereich wird mit technischen Lösungsansätzen begegnet, die nicht nur Ausgaben im Gesundheitssektor senken, sondern gleichzeitig den Pflegebedürftigen neue Handlungsmöglichkeiten eröffnen, sowie institutionelle und

private Pflege entlasten sollen. Assistive Technologien sollen dieser besonders in westlichen Gesellschaften wachsenden Gruppe ein möglichst autonomes und lebenswertes Altern in ihrem Lebensumfeld ermöglichen. Damit die Maßnahmen gesellschaftliche wirksam werden, bedarf es einer Verstetigung der entwickelten Technologien und Lösungen. Eine integrative Versorgungsstruktur und eine politisch-institutionelle Umsetzung sind wesentliche Elemente, um eine Verflechtung der Gesundheits-, Pflege- und Wohnungssektoren zu ermöglichen (Heinze, 2016).

Laut einer repräsentativen Umfrage des BMBF können sich 83 Prozent der befragten Deutschen vorstellen, einen Service-Roboter zuhause zu nutzen, wenn sie dadurch im Alter länger in den eigenen vier Wänden wohnen könnten (2017). Der Einsatz von Assistenzsystemen und sozialen Robotern soll die Kosten für das Gesundheitssystem reduzieren, da diese Personen weniger oder erst später institutionelle Pflege benötigen.

Wenn alltägliche Lebensräume zunehmend mit Sensoren, Aktoren und Assistenztechnologien angereichert wird, nehmen Roboter eine neuartige Position zwischen Mensch und sozialem Raum ein. Die Einführung von Assistenzsystemen bis hin zu autonomen Akteuren in das Zuhause wird jedoch auch die *eigenen vier Wände* nicht unverändert lassen. Daher braucht auch die Veränderung dieses sozialen Raumes durch Technologien verstärkte Aufmerksamkeit, die im aktuellen Diskurs noch zu vermissen ist. Beispielfhaft soll anhand sozialer Roboter – stellvertretend für andere Formen von Assistenzsystemen – aufgezeigt werden, wie diese Technologien auf Prozesse und Eigenschaften des sozialen Raumes wirken. Die gewonnenen Erkenntnisse mit sozialen Robotern sollen auch auf weniger explizit in Erscheinung tretende Assistenzsysteme, die subtil im Hintergrund agieren, jedoch nach ähnlichen Prinzipien funktionieren, übertragen werden können.

5.5. Interkulturelle Unterschiede in der Einstellung zu Robotern

Roboter haben je nach Kultur unterschiedliche Wurzeln und Traditionen. Kulturvergleiche zur Einstellung und Akzeptanz sozialer Roboter sind ein zentrales Thema im wissenschaftlichen Diskurs der sozialen Robotik. Interkulturelle Unterschiede sind einerseits Gegenstand der Forschung selbst (Li, Rau & Li, 2010; Samani et al., 2013; Wang, Rau, Evers, Robinson & Hinds, 2010), andererseits werden interkulturelle Unterschiede auch zur Interpretation von Forschungsergebnissen herangezogen (Bartneck & Hu, 2004; Forlizzi, 2007; Mitzner et al., 2014).

Die Interpretation, Einstellung und das Verhalten gegenüber Robotern scheint kulturellen Normen und Erwartungen zu folgen. In einer Studie wurde untersucht, wie sich der kulturelle Hintergrund und der kulturelle Kontext auf die Zusammenarbeit mit einem Roboter auswirken (Wang et al., 2010). Verglichen wurden Personen mit chinesischem und US-amerikanischem Kulturhintergrund. Untersucht wurde, welchen Einfluss der Kommunikationsstil eines Roboters auf dessen Glaubwürdigkeit und Akzeptanz hat. Basierend auf den Erkenntnissen der kulturvergleichenden Psychologie bevorzugen kulturell westlich geprägte Personen direktere Formen der Kommunikation, kulturell östliche geprägte Personen einen indirekteren Kommunikationsstil. Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass Personen dem Roboter stärker vertrauen und eher den Empfehlungen des Roboters folgen, wenn Roboter dem kulturell bevorzugten Kommunikationsstilen folgen. Diese Studie zur Mensch-Roboter-Interaktion zeigt, dass kulturelle Prinzipien und Verhaltensweisen von der Mensch-Mensch auch auf die Mensch-Roboter-Interaktion übertragen werden können. Damit bestätigt die Studie die von Reeves und Nass aufgestellte Theorie der *Media Equation*⁴.

Die scheinbar positive Einstellung zu Robotern in östlichen Kulturen – wie der chinesischen oder japanischen Kultur – wird oft mit der Darstellung von Robotern in populären Medien wie Anime Cartoons und Science Fiction Filmen begründet (Bartneck & Hu, 2004). Die Einstellung in westlichen Kulturen ist demnach weniger positiv, da Roboter in Filmen wie *2001: A Space Odyssey* (1968), *Terminator* (1984), *The Matrix* (1999) oder *Ex Machina* (2015) als unkontrollierbar und aggressiv dargestellt werden.

„Feelings toward robots differ due to different situations with respect to mass media and historical influences of technologies.“

(Nomura, 2015, p. 11)

„Unlike the image of robots of Capek or Asimov, the typical Japan imagination of robot contains an affinitive rapport between robots and humans.“

(Kitano, 2007, p. 13)

⁴ Die Theorie der Media Equation (Reeves & Nass, 1996) besagt, dass Menschen grundsätzlich sozial auf jegliche Art von Medien und Technik reagieren, seien es Computer, Fernseher oder anderen Kommunikationstechnologien.

Neben der Sozialisation durch Medien werden mögliche kulturelle Unterschiede zwischen östlichen und westlichen Kulturen auch mit unterschiedlichen religiösen Hintergründen in Verbindung gebracht. Die kulturell unterschiedlichen Einstellungen gegenüber Robotern könnte demnach auf dem Verständnis von unbelebten Objekten beruhen (Kitano, 2007). In der traditionellen japanischen Kultur werden auch Objekten eine Wesenhaftigkeit und spirituelle Essenz zugeschrieben (Animismus). Dieses animistische Weltbild gilt ebenso für technische Objekte wie etwa Roboter und verwischt die Grenze zwischen der westlichen Unterscheidung eines belebten Wesens von einem unbelebten Gegenstand, zwischen Mensch und Roboter.

Kitano argumentiert, dass das animistische Weltbild - trotz der sozialen und technologischen Modernisierung Japans - auch heute noch präsent ist. Die abrupte Modernisierung Japans hat zwar technologische Entwicklungen und einen Wandel des Sozialsystems gebracht. Die im Vergleich zur westlichen Modernisierung kurze Zeit war jedoch nicht lang genug, um eine Veränderung in der Denk- und Lebensweise der Menschen herbeizuführen. Die in der Kulturgeschichte Japans verwurzelte Denkweise könnte daher auch heute noch zu einer positiveren Einstellung und höheren Akzeptanz von Robotern in Japan beitragen.

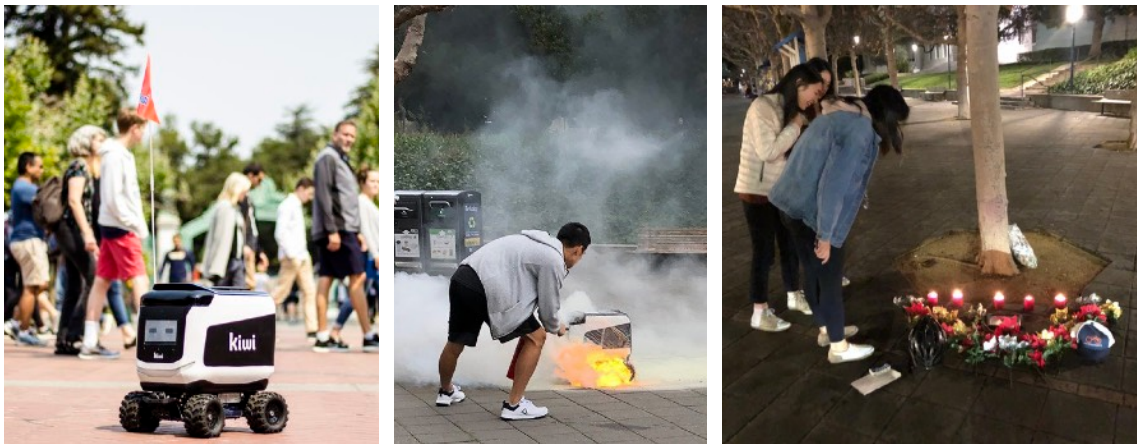
„The abrupt modernization of Japan caused in the success of technological development and the change of social system, but the period of approximately fifty years was not enough to make such a dynamic change in the way of thinking and living of people.“

(Kitano, 2007, p. 13)



Religiöse Zeremonie für Spielzeugroboter Aibo in Japan (Quelle: Toshifumi-Kitamura/AFP/Getty Images)

Ein anekdotisches Bild, wie in östlichen Kulturen mit defekten Robotern umgegangen wird, zeigt eine religiöse Zeremonie für Spielzeugroboter Aibo in Japan. In der westlichen Kultur existieren keine entsprechenden Traditionen, was aber nicht bedeutet, dass keine emotionalen Beziehungen zwischen Menschen und Robotern entstehen. Auf dem Campus der *University of California* in Berkeley liefert seit 2017 eine Flotte kleiner Kurier-Roboter Essen aus. Als einer der Roboter Feuer fing, richteten Studenten an der Unfallstelle eine Mahnwache mit Kerzen für den zerstörten Roboter ein (Lieu, 2018).



Mahnwache für einen Essens-Kurier-Roboter an der University of California in Berkeley, der durch ein Feuer zerstört wurde (Quelle: <https://twitter.com/ratherbright/status/1073845768530714624/> [Zugriff: 25.07.2019])

Eine Studie zur sozialen Akzeptanz humanoider Roboter in Japan und dem Vereinigten Königreich (UK) deutet auf generationsspezifische Unterschiede hin (Nomura, Syrdal & Dautenhahn, 2015). Personen aus dem UK zeigten prinzipiell eine stärkere Ablehnung humanoider Roboter als Japaner. Jedoch hatten Befragte im Alter zwischen 20 und 29 Jahren aus dem UK positivere Erwartungen an humanoide Roboter als jede andere Altersgruppe in beiden Ländern. Die Ergebnisse der Umfrage deuten darauf hin, dass Personen aus dem UK im allgemeinen stärkere negative Gefühle gegenüber humanoiden Robotern haben als in Japan, dies jedoch bei genauerer Betrachtung von der jeweiligen Generation abhängt. Auch zeigt die Studie, dass die Einstellung zu humanoiden Robotern und zu Robotern im Allgemeinen ebenso von der Generation der Befragten abhängt. Dies deutet darauf hin, dass eine veränderte Einstellung zu bestimmten Robotertypen nicht automatisch zur Akzeptanz anderer Robotertypen oder von Robotern im Allgemeinen führt.

Dass die Einstellung zu Robotern keiner klar pro-östlichen und anti-westlichen Dichotomie folgt, und differenzierter betrachtet werden sollte, zeigt eine ländervergleichende Studie zu ethischen Fragestellungen der Robotik in Japan, den USA, Deutschland und Frankreich (Nomura, 2015). Von den untersuchten Ländern war in Deutschland die Verbindung der Bereiche Robotik und Ethik am schwächsten ausgeprägt. Die befragten Personen in Frankreich neigten zu einer größeren Ablehnung der Robotik und führten Arbeitslosigkeit als ethisches Problem der Robotik an. In Japan reagierten die befragten Personen tendenziell ernster auf ethische Fragen der Robotik als in den USA, Deutschland und Frankreich, während die Einstellung zu Robotern in den westlich geprägten Ländern stärker von virtuellen Inhalten wie Science-Fiction-Filmen beeinflusst war.

Eindeutige Schlüsse lassen sich aus den bis dato vorliegenden Daten jedoch nicht ableiten. Interkulturelle Studien zu den Einstellungen gegenüber Robotern bestätigen die länder- und kulturspezifischen Vorlieben nicht eindeutig oder kommen zu teils unterschiedlichen Ergebnissen (Mara, 2017). Die Schwierigkeit, klare Aussagen zur Einstellung gegenüber der Robotik zu treffen, zeigt sich an der oben genannten Studie zu ethischen Fragestellungen bereits daran, dass die Auffassung dessen, was als ethische Fragestellung betrachtet wird, von Land zu Land variiert (Nomura, 2015). Auch könnten japanische Testpersonen möglicherweise zurückhaltender in ihren Einschätzungen bei Fragebögen sein (Mara, 2017). Neben sprachlichen Herausforderungen bei der Übersetzung von Fragestellungen könnte daher auch allgemein kulturspezifisches Verhalten die Studienergebnisse beeinflussen. Das Fehlen empirisch eindeutiger Daten unterstreicht jedoch den Bedarf an interkultureller Studien in diesem Bereich.

5.6. Entwicklung und Verbreitung von Technologien in Haushalten

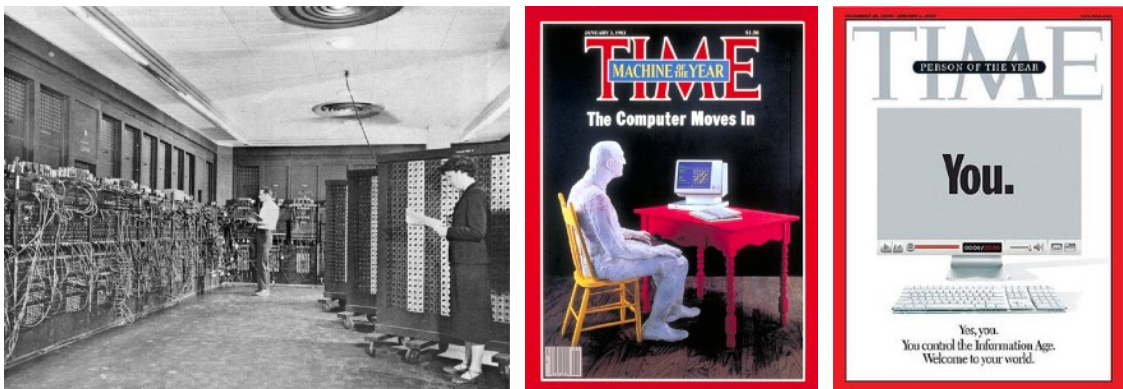
„The home is a seat for many specialized human behaviors and needs, and has a long history of what is collected and used to functionally, aesthetically, and symbolically fit the home.“

(Forlizzi, 2007, p. 129)

Ab Ende des 19. Jahrhunderts erlebte die Massenverbreitung neuer Technik einen immer stärker werdenden Trend zur Beschleunigung (Bernau, 2014). Seit der Einführung der Elektrizität im Jahr 1873 in den Vereinigten Staaten dauerte es 46 Jahre

bis ein Viertel der US-Bevölkerung einen Stromanschluss besaß. Beim Telefon dauerte es nur mehr 35 Jahre, beim Radio 31 Jahre, beim Fernsehen 26 Jahre. Das nächste technologische Zeitalter begann mit dem PC 1975. Es dauerte lediglich 16 Jahre bis ein Viertel der US-Bevölkerung einen PC besaß, gefolgt von Mobiltelefonen mit 13 Jahren und dem Internet mit 7 Jahren.

Mit der Entwicklung von Rechnern und Computern hat sich auch das Verhältnis von Mensch, Technik und Raum gewandelt. Die ersten Universalrechner bildeten begehbare Räume wie der ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) im Ballistic Research Laboratory der US-Armee in Philadelphia, Pennsylvania 1946. Das Cover des Nachrichtenmagazins Time von 1983 zeigt, wie eine Weiterentwicklung des Universalrechners als Personal Computer (PC) in den Haushalt einzieht (*The Computer Moves In*). Nach der Vorstellung des ubiquitous computing hat sich die Technologie im 21. Jahrhundert in das Gewebe des Alltags eingeflochten (Weiser, 1993). Auf dem Cover des Nachrichtenmagazins Time von 2006 hat sich die Person des Jahres in dem Schriftzug *You.* aufgelöst und erscheint auf dem Computer.



Universalrechner ENIAC 1946 (Quelle: U.S. Army Photo), Cover des Nachrichtenmagazins Time 1983 und 2006

Zeitlich und räumlich haben sich Smartphones zu einem alltäglichen Begleiter entwickelt. Sie sind eine Ansammlung unterschiedlicher Komponenten und Sensoren, die in ihrem Zusammenspiel für viele unterschiedliche Anwendungen kombiniert werden. Zeitlich begleiten uns Smartphones vom Wecken in der Früh durch den gesamten Tag bis zur Aufzeichnung des Schlafrhythmus in der Nacht. Von der ursprünglichen Funktion eines Telefons haben sich Smartphones zur meist verkauften Spielekonsole entwickelt. Es existieren kaum Orte, an denen das Smartphone ungenutzt bleibt: Zuhause zur Steuerung der Musik, unterwegs auf Flug- oder Bahnreisen und zur Steuerung des smart home, zur Navigation in der Stadt oder beim Wandern in der Natur.

Norbert Wiener folgend kann eine Gesellschaft nur durch ein Verständnis für ihre Kommunikationsmittel verstanden werden. Hierbei spielt die wechselseitige Kommunikation von Mensch und Maschine, laut Wiener, eine immer bedeutendere Rolle (Wiener, 1950). Kommunikations- und Unterhaltungselektronik erleben nicht nur einen rasanten Anstieg, sondern auch eine hohe Durchdringung der Haushalte. Ähnliche Entwicklungen wie in den Vereinten Staaten lassen sich in Österreich nachweisen (Statistik Austria, 2015): 2015 verfügten 80% aller Haushalte über einen Internet-Anschluss und 95% besaßen ein Mobiltelefon. Dass Technologien aber auch durch andere ersetzt oder verdrängt werden zeigt sich anhand der Haushalte mit Telefonanschluss. Verfügten 1998 noch 88% aller Haushalte über einen Telefonanschluss, waren es 2015 mit 43% nur noch halb so viele. Ob und wie schnell Roboter so selbstverständlich sein werden wie aktuell TV-Geräte, PC oder Mobiltelefon wird die Zukunft zeigen.

Bemerkenswert ist bei vielen Entwicklungen, dass fast jede Technik – im Nachhinein betrachtet scheinbar logisch – auf bereits vorhandener Techniken aufbaut: ohne Elektrizität kein Telefon, Radio und Fernsehen, die Displaytechnik des Fernsehers als Voraussetzung für grafische Benutzeroberflächen des PC, der PC als Vorläufer des Mobiltelefons und als Voraussetzung für die Massenverbreitung des Internet.

Neue Akteure: Echo, Roomba, Zenbo und Co.

„As new technical developments alter the object and make it intelligent, they also set the object on a plane with no prior cultural references [...] although the physical aspects of these objects are still within the world of materials, their operation and their very state of being is well beyond the manipulation of matter and has more to do with information exchange than with form.“

(Manzini, 1989, p. 12)

Die Vision eines multifunktionalen Haushaltsroboters, der eine Vielzahl an Hausarbeiten übernehmen kann, wird auch in der nahen Zukunft unerfüllt bleiben (Čas et al., 2017). Erste kommerziell erfolgreiche Anwendungen gehen aktuell vermehrt in den Bereich der sozialen Interaktion über Sprache, sowie in die Steuerung und Vernetzung bestehender technischer Systeme. Konkrete Anwendungen sind etwa Echo von Amazon und Google Home von Google, die als *smarte Lautsprecher* das Abfragen

von Informationen aus dem Internet und die Steuerung vernetzter Geräte im Haushalt unterstützen.



Echo (Amazon), Google Home (Google Inc.) und HomePod (Apple)

Durch die Verbindung physischer Gegenstände und virtueller Vernetzung zu einem Internet der Dinge (Internet of Things - IoT) ist das Internet von etwas abstrakt Virtuellem in der konkret-physischen Alltagswelt angekommen. Doch während die technischen Objekte physisch kleiner geworden sind, beginnt die Vernetzung dort, wo die physische Hülle endet. Die Hülle bildet nicht mehr eine Abgrenzung, vielmehr ist die begrenzende physische Hülle der Anfang eines Netzwerks, das Privates mit Öffentlichem und das Einzelne mit einer Vielzahl verbindet.

*„One of the most significant implications of IoT instrumentation is that the material object somewhat recedes and the data generated by the object becomes more important than the physical object itself. [...] The object's identity is two-fold – it is itself an object and a host for other functions.“
(McDermott, 2019)*

Roboter für das Zuhause



Saugroboter Roomba (iRobot) und Scout RX2 Home Vision (Miele)

Ein Ansatz der Robotisierung des Haushalts ist es, bestehende Geräte und Produktkategorien mit robotischen Fähigkeiten auszustatten. Dadurch können sie einfache Tätigkeiten im Haushalt (teil)autonom ausführen, wie beispielsweise Saugroboter oder Rasenmäher-Roboter. Robotische Geräte in Haushalten wirken über ihre unmittelbare Aufgabe hinaus auf bestehende Routinen in Haushalten. In einer ethnografischen Studie hat Forlizzi die sozialen Auswirkungen eines Saugroboters im Vergleich zu einem konventionellen Staubsauger auf die Reinigungstätigkeiten in Haushalten untersucht (2007). Geschlecht, Alter und Rolle im Haushalt hatten dabei einen wesentlichen Einfluss auf die Art der Veränderung. Es zeigte sich, dass durch einen Saugroboter Männer und Kinder eine aktivere Rolle bei der Reinigung der Wohnung einnahmen, auch über den Zeitraum der Studie von einem Jahr hinaus. Der Saugroboter veränderte auch die Routinen jener Personen, die die Reinigungstätigkeiten bisher übernahmen. Vor der Studie führten insbesondere ältere Frauen in der Regel eine wöchentlich geplante Hausreinigung durch. Ein Saugroboter änderte diese Routine von einer geplanten wöchentlichen Reinigung zu einer eher gelegentlich bezogenen Reinigung (*opportunistic cleaning*). Die Teilnehmer der Studie gaben ebenfalls an, dass sie während der Roboter den Boden saugte, parallel andere Reinigungstätigkeiten durchführten, was in einer Reduktion der gesamten Reinigungszeit resultierte. Ein Saugroboter führte also dazu, dass sich die Reinigungstätigkeiten im Haushalt auf unterschiedliche Akteure verteilten. Der Saugroboter wurde als zusätzlicher Akteur in die Reinigungstätigkeiten einbezogen und führte dazu, dass sich weitere Personen des Haushalts daran beteiligten.

Die alltagstaugliche Manipulation physischer Gegenstände durch Roboter im Haushalt ist noch mit großen technischen Herausforderungen verbunden. Daher hat sich eine erste Generation sozialer Roboter für den Haushalt fast ausschließlich auf die soziale Interaktion selbst als Funktion des Roboters fokussiert. Soziale Fähigkeiten werden als wesentlich angesehen, damit Roboter von ihren Nutzern akzeptiert werden. Bei allen Hoffnungen in die Robotik zeichnet sich zunächst eine Steuerungsfunktion bereits bestehender Technologien des Zuhause ab. Ähnlich dem Smartphone wurden und werden gegenwärtig soziale Roboter als eine Steuerungs- und Überwachungsschnittstelle für Anwendungen der Heimautomation entwickelt. Meist erfüllen sie über die Steuerungsfunktion hinausgehend die Funktion eines Unterhaltungs- und Spielroboters für Kinder.



Roboter mit Unterhaltungs-, Steuerungs- und Überwachungsfunktion für das vernetzte Zuhause; links: Buddy (Blue Frog Robotics), rechts: Zenbo (Asus)

Während Saugroboter und smarte Lautsprecher bereits in vielen privaten Haushalten vorhanden sind, erscheinen vernetzte Unterhaltungs- und Überwachungsroboter für das Zuhause wie Buddy oder Zenbo am Horizont. Buddy oder Zenbo sind mobile Roboter, die als unterhaltsame Begleiter für das Zuhause beworben werden. Gemeinsam sind dieser Art von mobilen Heim-Robotern die Fähigkeit zur sprachlichen Interaktion und die Simulation von Emotionen. Die Roboter sollen zudem die Steuerung von vernetzten Geräten im Haushalt übernehmen, die Sicherheit des Zuhause überwachen, Spielkameraden für Kinder oder Assistenten für ältere Personen sein. Der Sicherheitsgedanke und das Gefühl mit dem Zuhause verbunden zu sein, sind eine der wesentlichen Motivationen für den Erwerb von smart home Geräten (Mennicken et al., 2014). Daher bieten viele Geräte sicherheitsorientierte Lösungen für das Zuhause. Ob Buddy und Zenbo kommerziell erfolgreich sein werden, wird sich noch zeigen.

Aktuell gibt es in der Forschung zur Mensch-Roboter-Interaktion den Konsens, dass sich Roboter an den Bedürfnissen der Menschen und deren Akzeptanz orientieren sollen. Roboter sollen den Menschen unterstützen, indem sie Tätigkeiten erleichtern, ermöglichen oder übernehmen, die Menschen nicht erledigen wollen oder können. Die Stärken bereits kommerziell erfolgreicher Produkte scheinen ein klares Anwendungsszenario – z.B. Saugroboter wie Roomba – und die Einbettung in ein größeres System an Services und Dienstleistungen zu sein – z.B. Echo und Google Home. Klare Vorstellungen darüber welche Tätigkeiten Roboter im Haushalt ausführen sollen, die über eine spezifische Tätigkeit wie etwa Staubsaugen hinausgeht, fehlen jedoch. Die Ziele der ersten Generation sozialer Heimroboter – Kommunikation, Unterhaltung, Spiel und Entspannung – sind vielfältig, aber ein konkreter Nutzen konnten vielfach nicht gefunden werden (Čas et al., 2017). Dies hat unter anderem dazu geführt, dass drei der ersten Generation sozialer Heimroboter – Jibo, Kuri und Anki – auf dem scheinbar aufstrebenden Markt kein nachhaltiges Geschäftsmodell gefunden haben und eingestellt werden mussten.

„Three of the most viable contenders to lead the budding market of social home robots have failed to find a sustainable business model. [...] The first generation of social home robots ended up not making much sense to consumers.“

(Hoffman, 2019)

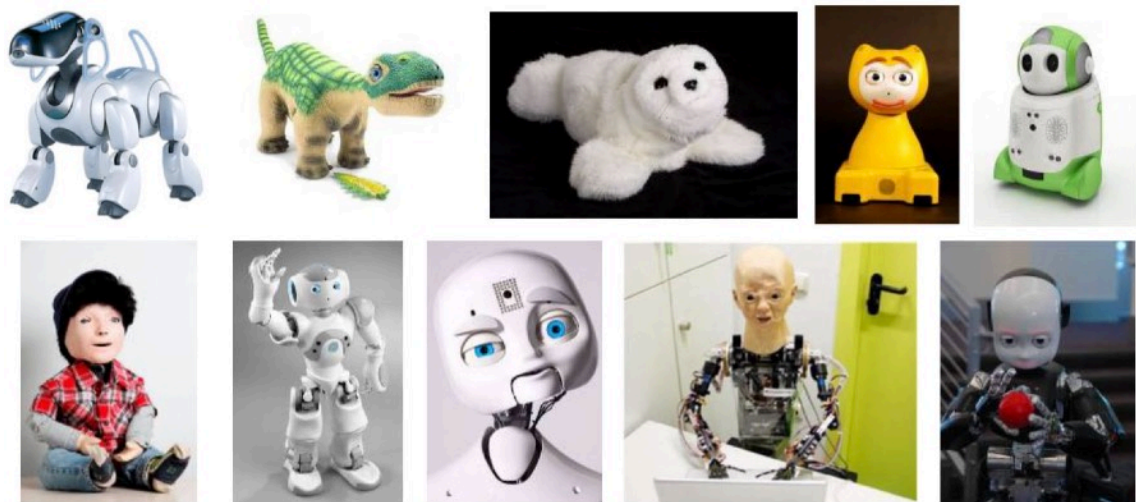


Soziale Roboter für das Zuhause: Jibo (Jibo, Inc.), Kuri (Mayfield Robotics) und Cozmo (Anki)

5.7. Anthropomorphismus und der Uncanny Valley

Anthropomorphismus ist die Übertragung menschlicher Formen, Eigenschaften, Verhaltensweisen oder anderer Merkmale auf Nichtmenschliches. Menschen neigen

dazu menschliche Eigenschaften auf andere Lebewesen, aber auch auf technische Objekte wie Autos, Kaffeemaschinen, Computer, Smartphones und insbesondere Roboter zu übertragen. Selbst einfachen Bewegungen werden Handlungsfähigkeiten oder Absichten zugeschrieben. Heider und Simmel zeigten diese Eigenschaft in einem Experiment (1944). In einem abstrakten Zeichentrickfilm bewegten sich drei geometrische Figuren, ein kleines Dreieck, ein größeres Dreieck und ein Kreis. Die Figuren wurden von den Probanden als soziale Akteure wahrgenommen, denen sie Handlungsabsichten zuschrieben.



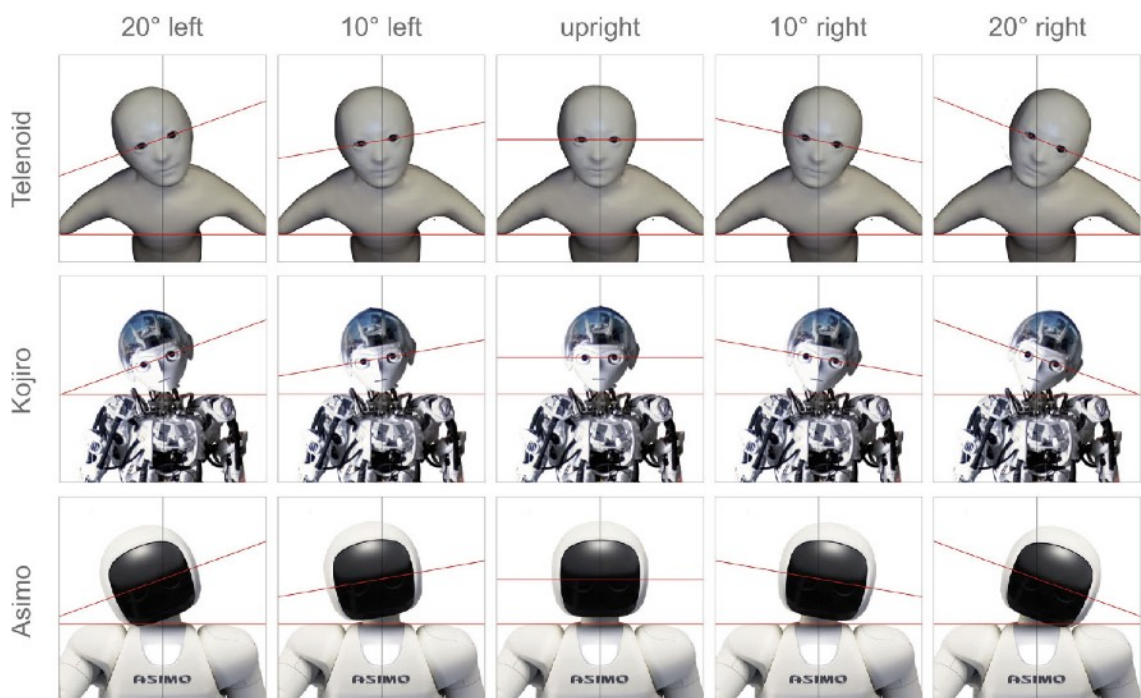
Beispiele menschen- und tierähnlicher Roboter; obere Reihe: Aibo, Pleo, Paro, iCat, Papero; untere Reihe: Kaspar, NAO, Nexi, Barthoc, iCub (Fink, 2012, p. 200)

Soziale Roboter werden oft mit menschenähnlichen Gestaltungsmerkmalen wie Kopf, Gesicht, Augen oder Armen ausgestattet. Roboter werden daher stärker vermenschlicht als andere Technologien und ihnen werden eher Eigenschaften von Lebewesen wie Tieren oder anderen Menschen zugeschrieben (Young et al., 2011). Viele soziale Roboter weisen Elemente des Kindchenschemas auf und nutzen damit vorgeprägte emotionale Reaktionen des Menschen. Das Kindchenschema ist eine Kombination von Merkmalen, die für Säuglinge, Babys oder Babytiere charakteristisch sind. Zu diesen Merkmalen, die teilweise stark überzeichnet bei sozialen Robotern eingesetzt werden, zählen ein verhältnismäßig großer Kopf mit vorstehender Stirn, große Ohren und Augen unterhalb der Mittellinie des Kopfes, eine kleine Nase und im Allgemeinen eine runde Körperform (Dautenhahn, 2007b). Das Kindchenschema löst den Pflegeinstinkt des Menschen und entsprechende Verhaltensweisen aus, wie z.B. Zuwendung.

„Anthropomorphic form in appearance and behavior can help a robot to perform its tasks successfully by eliciting desired behaviours from human interaction partners.“

(Zlotowski, Proudfoot, Yogeewaran & Bartneck, 2015, p. 356)

Die Anthropomorphisierung sozialer Roboter beschränkt sich jedoch nicht nur auf das Aussehen. Auch menschliche Verhaltensweisen werden auf die Interaktion mit Robotern übertragen (Zlotowski et al., 2015). Dadurch können etwa nonverbale Signale aus der zwischenmenschlichen Kommunikation für die Interaktion mit Roboter verwendet werden. Die Tendenz, soziale Regeln und Heuristiken aus dem Bereich des Menschen auf den Bereich der Maschinen zu übertragen, ist daher besonders für die Gestaltung der Interaktion mit sozialen Robotern relevant (Dautenhahn, 2007b).



Die Roboter Telenoid, Kojiro und Asimo mit unterschiedlichen Kopfneigungen (Mara & Appel, 2015)

In einer Studie wurde beispielsweise das nonverbale Signal der seitlichen Kopfneigung auf die menschliche Wahrnehmung von humanoiden und androiden Robotern untersucht (Mara & Appel, 2015). Die Neigung des Kopfes ist ein wesentliches Merkmal nonverbalen menschlichen Verhaltens, das je nach Situation und Kontext unterschiedliche Bedeutungen hat. Eine der Bedeutungen in der zwischenmenschlichen Kommunikation ist es, dem Gegenüber Vertrauen und Interesse zu signalisieren. Im Vergleich zu einer aufrechten Kopfhaltung wurden Robotern mit einer Kopfneigung

höhere Werte für Menschenähnlichkeit (*human likeness*) und Niedlichkeit (*cuteness*) zugeschrieben. Die Kopfhaltungen des Roboters hatten jedoch keinen Einfluss auf die Zuschreibung von Dominanz und Unheimlichkeit.

Der Anthropomorphismus ist ein zentraler Faktor der physischen und verhaltensorientierten Gestaltung sozialer Roboter. Der Anthropomorphismus schafft zum einen neue Möglichkeiten, etwa für die Mensch-Roboter-Interaktion, zum anderen schafft er gleichzeitig Probleme, etwa für die Akzeptanz allzu menschlich wirkender Roboter. Im wissenschaftlichen Diskurs der Robotik gibt es unterschiedliche Auffassungen darüber, welcher Grad der Menschenähnlichkeit bei Robotern sinnvoll und zielführend ist. Ist es das Ziel, die physische Form und das Verhalten des Menschen so zu reproduzieren, dass wir nicht mehr zwischen einem Roboter und einer Person unterscheiden können? Diese Perspektive vertritt unter anderem Hiroshi Ishiguro, der Androiden entwickelt hat, die so menschlich wie möglich erscheinen, darunter eine robotische Version von sich selbst (Ishiguro, 2006).



Menschliche Vorbilder (stehend) und ihre maschinellen Doppelgänger (sitzend) von Hiroshi Ishiguro (Mitte) (Quelle: <http://www.geminoid.jp> [Zugriff: 25.07.2019])

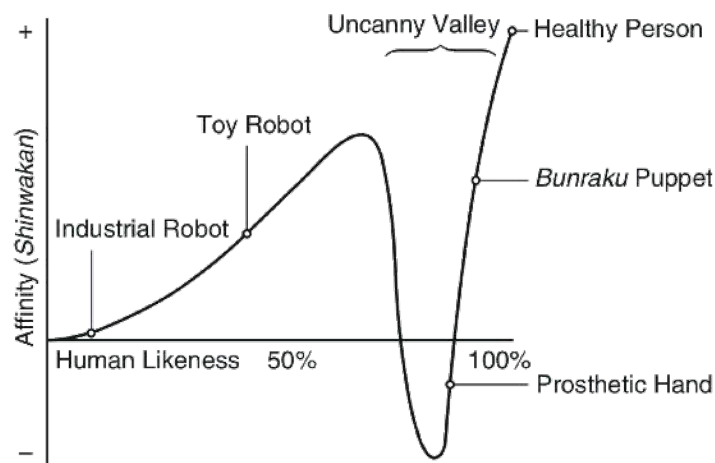
Für eine anthropomorphe Gestaltung sozialer Roboter werden meist zwei Motive angeführt:

- Soziale Roboter werden in den physischen und sozialen Lebensräumen des Menschen eingesetzt. Damit etwa ein Assistenzroboter im Haushalt nützlich ist,

sollte er Alltagsgegenstände manipulieren, Werkzeuge benutzen oder Treppen steigen können. Diese funktionale Perspektive impliziert ein gewisses Maß anthropomorpher Gestaltung in seiner physischen Form.

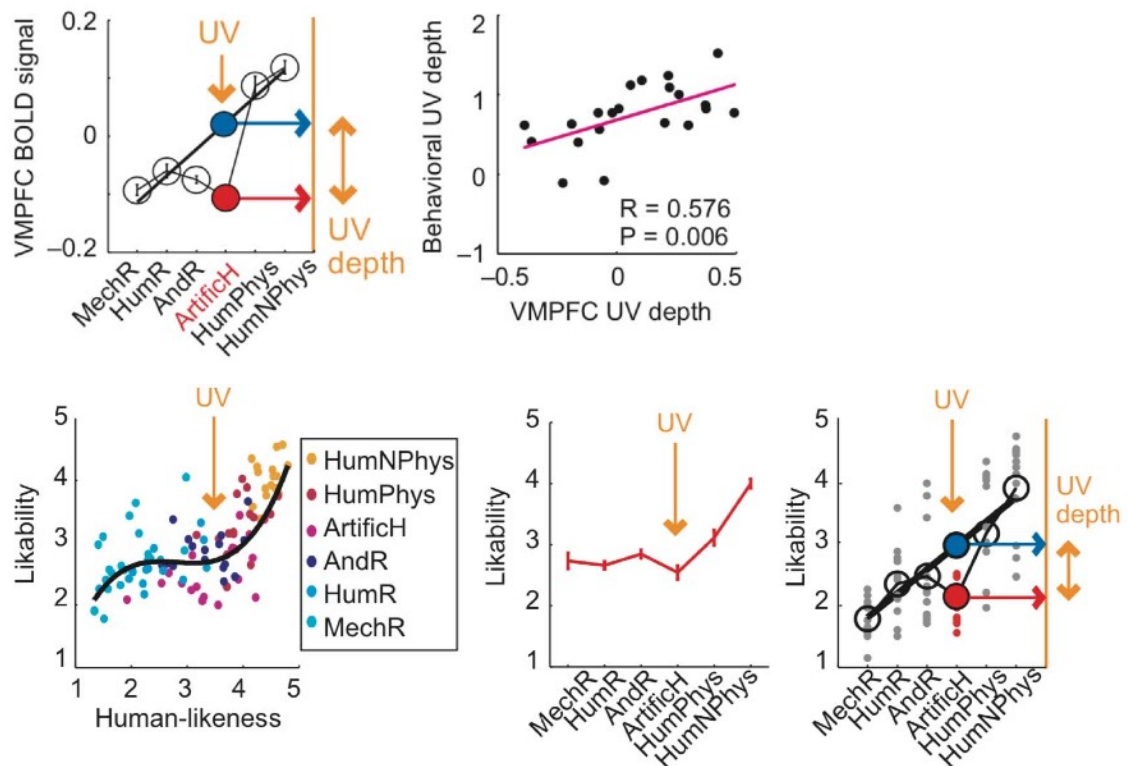
- Das anthropomorphe physische Design und Verhalten eines Roboters kann dazu verwendet werden, die Interaktion zwischen Mensch und Roboter zu unterstützen, etwa durch Gestik und Mimik.

Dem gegenüber steht der Ansatz, das allzu menschliche Aussehen sozialer Roboter einzuschränken, um das Problem des sogenannten *Uncanny Valley* zu vermeiden (Mori, 1970). Die von Masahiro Mori aufgestellt Hypothese beschreibt den Zusammenhang zwischen der Menschenähnlichkeit eines Roboters und der menschlichen emotionalen Reaktion auf diese. Im Bereich niedriger Menschenähnlichkeit steigt mit zunehmender Menschenähnlichkeit eines Roboters auch die Affinität zu diesem. Der fiktionalen Cowboy-Puppe Woody in der Animationsfilmreihe *Toy Story* (Pixars) bringen wir etwa mehr Sympathie entgegen als einem Industrieroboter. Erreichen Roboter allerdings eine sehr hohe Menschenähnlichkeit und werden aber immer noch als nicht-menschlich identifiziert, sinkt die Affinität stark ab. Sie rufen ablehnende Gefühle und Unbehagen hervor. In dieses Tal der Affinitäts-Kurve – *Uncanny Valley* – fallen etwa Prothesen mit künstlicher Haut oder Ishiguros Androide. Kann das Aussehen eines Roboters nicht mehr von dem eines Menschen zu unterschieden werden, steigt auch die Akzeptanz wieder.



Darstellung des hypothetischen Uncanny Valley-Effektes zur Beziehung zwischen der Menschenähnlichkeit eines Roboters und der Affinität des Betrachters zu diesem (Mori, 1970)

Diese Hypothese des Uncanny Valley wird sowohl in den populären Medien als auch in der wissenschaftlichen Forschung diskutiert. Trotz deren Bekanntheit sind empirische Beweise für diese Hypothese bisher kaum vorhanden oder unklar. Ein deutsch-englisches Forscherteam untersuchte die neuronale Aktivität des menschlichen Gehirns in Zusammenhang mit der Uncanny Valley-Hypothese (Rosenthal-von der Pütten, Krämer, Maderwald, Brand & Grabenhorst, 2019). Probanden wurden Bilder verschiedener Roboter mit technischem bis menschlichem Erscheinungsbild gezeigt. Die Forscher konnten zeigen, dass die Aktivität in einer bestimmten Hirnregion (ventromedialer präfrontaler Cortex) beim Betrachten der Bilder mit der charakteristischen nichtlinearen Form des Uncanny Valley übereinstimmt. Laut den Autoren zeigen die Daten eine überraschend direkte neuronale Darstellung des Uncanny Valley und liefert einen neurobiologischen Beleg für die Uncanny Valley-Hypothese.



Vergleich der verhaltensbezogenen Reaktion (oben) und der neuronalen Aktivität des ventromedialen präfrontalen Cortex (Rosenthal-von der Pütten et al., 2019, pp. 33,34)

In Studien, in denen der Uncanny-Valley-Effekt nachgewiesen wird, finden sich unterschiedliche und teils widersprüchliche Begründungen für diesen Effekt (Gray & Wegner, 2012; Kätsyri, Förger, Mäkäräinen & Takala, 2015; Złotowski et al., 2015). Moris ursprüngliche Hypothese schlägt zudem vor, dass Bewegung des Roboters den

ablehnenden Effekt zusätzlich verstärkt. Für diesen verstärkenden Effekt bietet die empirische Literatur jedoch keine klaren Belege (Kättsyri et al., 2015).

Erste Erklärungsversuche des Uncanny-Valley-Effektes verwenden einen evolutionsbiologischen Ansatz. Sie erklären die ablehnende Haltung damit, dass die Imperfektionen nahezu menschlicher Roboter als krankhaft und als eine Gefahr für die eigene Gesundheit wahrgenommen werden. Die unheimliche Wirkung allzu menschlicher Roboter könnte auch durch eine angeborene Angst vor dem Tod und deren kulturell verfestigten Abwehrmechanismen ausgelöst werden (MacDorman, 2005).

Ein empirisch gestützter Erklärungsversuch des Uncanny Valley zielt darauf ab, dass die Ablehnung allzu menschlicher Roboter durch eine Inkongruenz in der Wahrnehmung von künstlichen und menschlichen Merkmalen verursacht wird (Kättsyri et al., 2015). Soziale Roboter lassen sich oft nicht klar in die Kategorien Objekt oder Mensch einordnen. Je humanoider ein Roboter ist, desto mehr werden intuitiv die Erwartungen für menschliche Fähigkeiten und Maßstäbe angelegt. Ein stark anthropomorphes Design von Robotern erzeugt eine Erwartungshaltung, die mit den Fähigkeiten des Roboters in Einklang gebracht werden müssen (Young et al., 2011).

„People expect them [anthropomorphic robots] to adhere to human norms and have much higher expectations regarding their capabilities compared to robots with machine-like appearance.“
(Zlotowski et al., 2015, p. 356)

Werden die Erwartungen nicht erfüllt wird dieser Mangel negativ ausgelegt und erzeugt Aversion. Diese Abweichung tritt umso stärker hervor, je größer die Abweichung vom Gewohnten und Erwarteten ist. Argumente gegen menschenähnliche Roboter werden unter anderem von Mark Coeckelbergh angeführt. Er nennt folgende Gründe, warum es sinnvoller sei, auf ein anthropomorphes Erscheinungsbild bei sozialen Robotern zu verzichten (Coeckelbergh, 2011):

- Es ist technisch einfacher Roboter zu bauen, die sich nicht am menschlichen Körper und dessen Fähigkeiten orientieren.
- Roboter, die sich vom Menschen unterscheiden, vermeiden den Uncanny Valley-Effekt.

- Nicht-menschliche Roboter werden weniger umstritten sein, da die Beziehung zu ihnen bestehenden Erfahrungen mit technischen Geräten ähnelt, wie etwa zu Computern, Smartphones oder Autos.

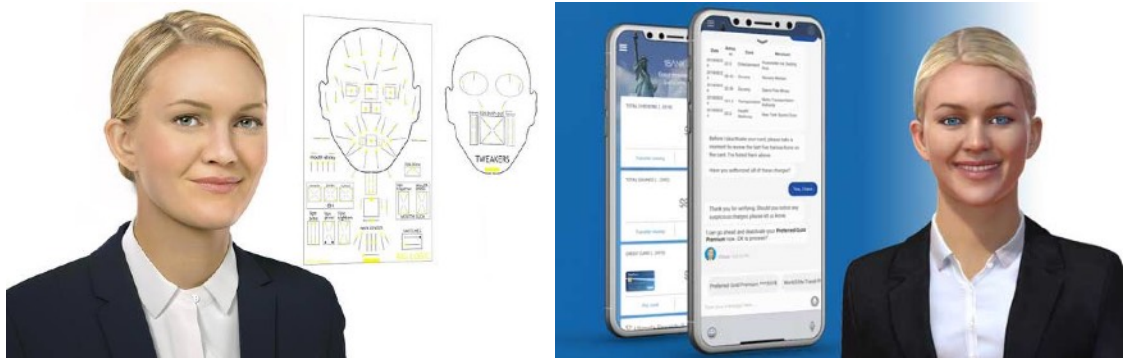
In den meisten Studien wird die Menschenähnlichkeit von Robotern anhand visueller Designmerkmale unterschieden. Aus einer psychologischen Perspektive könnte es auch sinnvoll sein, weitere Dimensionen zu berücksichtigen, etwa die Zuschreibung funktionaler Eigenschaften des Roboters oder Variablen der Situation, in der die Mensch-Roboter-Interaktion stattfindet (Appel, Weber, Krause & Mara, 2016). Sie stützen sich dabei auf ein Modell der Zuschreibung von Verstand bzw. Geist (*attribution of mind*) von Gray und Wegner (2012). Diese Zuschreibung erfolgt entlang der zwei Dimensionen *agency* und *experience*. *Agency* bezeichnet die Fähigkeit Dinge zu tun, zu planen und zur Eigenkontrolle (*self control*). *Experience* bezieht sich auf emotionale Reaktionen wie Freude, Wut oder Angst, also wenn Robotern die Fähigkeit zugeschrieben wird, Dinge zu fühlen, zu spüren oder zu empfinden.

„We propose that humanlike robots are not only unnerving, but are so because their appearance prompts attributions of mind. In particular, we suggest that machines become unnerving when people ascribe to them experience (the capacity to feel and sense), rather than agency (the capacity to act and do).“

(Gray & Wegner, 2012, p. 125)

In einer Studie konnten Appel et al. (2016) diesen Ansatz bestätigen. Als Stimulus diente die Beschreibung eines humanoiden Assistenzroboters als Werkzeug (*tool*), als Agent (*agent*) oder eines Roboters, der Emotionen empfinden kann (*experiencer*). Der „empfindende“ Roboter wurde als am unheimlichsten eingestuft, gefolgt von dem Roboter als Agent und dem Roboter als Werkzeug.

Virtuelle Assistenten und Chatbots



Avatar der virtuellen Assistentin Amelia von IPsoft (Quelle links: IPsoft Inc.)

Bei Chatbots oder virtuellen Assistenten handelt es sich nicht um Roboter im eigentlichen Sinn, da sie nicht über die Bestandteile Sensoren, Steuerungseinheit und Aktoren besitzen. Sie dienen vielmehr als Interface, die es dem Benutzer erlauben, mit einem dahinterstehenden System zu kommunizieren. Mittels virtueller Assistenten kann auf Informationen in Datenbeständen und Sensorinformationen zugegriffen werden. Sind virtuelle Assistenten mit Sensoren und Aktoren verknüpft können etwa Komponenten der Heimautomation gesteuert werden.

Auch virtuellen Assistenten wird mittels humanoider Avatare zunehmend ein menschliches Aussehen gegeben. Amelia ist eine virtuelle Assistentin von IPsoft, die als Interface und Informationsplattform für Kunden und Mitarbeiter in unterschiedlichen Rollen und Branchen eingesetzt wird. Angewendet wird Amelia unter anderem von Credit Suisse, Shell Oil und Accenture. Während große Firmen im Banken, Gesundheits- oder Versicherungswesen eine umfangreiche Datenbasis besitzen, um Amelia mit unternehmenseigenen Daten zu *trainieren*, entwickelt IPsoft auch Anwendungen mit Amelia für kleine und mittlere Unternehmen (Solomon, 2018). Die virtuelle Assistentin soll eine emotionale, empathische und affektive Verbindung mit dem Kunden herstellen und sich dadurch von einfachen Chatbots im Kundensupport unterscheiden (Solomon, 2018). In einer Art semantischem Gedächtnis stellt Amelia Verbindungen zwischen Informationen und Konzepten her (*semantic memory*). Ähnlich dem menschlichen Lernen speichert Amelia Interaktionen, Gespräche und Gelerntes in episodenhafter Weise (*episodic memory*). Durch selbständige Lernfähigkeiten soll Amelia auf komplexere Anfragen reagieren können. Amelia setzt zudem Techniken des *affective computing* ein, um Emotionen, Stimmungen und die Persönlichkeit des Benutzers zu erkennen und darauf zu reagieren.

Implikationen für die Entwicklung und Gestaltung sozialer Roboter

Welche Erkenntnisse lassen sich daraus für die Entwicklung und Gestaltung sozialer Roboter ableiten?

- Ein gut gestaltetes Gesamtsystem aus Form, Verhaltensweisen und Interaktionsformen eines Roboters kann die Interaktion erleichtern, sollte aber den spezifischen Aufgaben eines Roboters entsprechen (Złotowski et al., 2015).
- Eine Lücke zwischen den Erwartungen und den tatsächlichen Fähigkeiten von Robotern kann negative Gefühle auslösen und zu einer Ablehnung des Roboters führen (Duffy, 2003). Es ist daher für soziale Roboter nicht sinnvoll, die Grenze zwischen Roboter und Mensch zu verwischen, d.h., Roboter sollten klar als solche erkennbar sind.
- Um den Uncanny-Valley-Effekt zu umgehen, könnte es für die Entwicklung humanoider Roboter sinnvoller sein, stärker auf die Fähigkeiten eines Roboters zu Handeln zu setzen, als auf dessen emotionale Fähigkeiten (Appel et al., 2016).
- Vielversprechend ist daher ein Gleichgewicht der anthropomorphen Gestaltung und den Funktionen eines Roboters, um auf bestimmte und tatsächliche Fähigkeiten hinzuweisen, die den Aufgaben des Roboters und Erwartungen an den Roboter entsprechen.

5.8. Europäische und internationale Initiativen zur Robotik und KI

Österreichische Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz

Auf nationaler Ebene wurde in Österreich 2017 der *Österreichische Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz* als öffentlich zugängliches Beratungsorgan des *Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie* eingerichtet. Der Rat soll aktuelle und künftige Chancen, Risiken und Herausforderungen, die sich durch den Einsatz von Robotern, autonomen Systemen und künstlicher Intelligenz ergeben auf technologischer, wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und rechtlicher Ebene identifizieren und diskutieren. In einer ersten schriftlichen Stellungnahme wurden 2018 Handlungsfelder und Rahmenbedingungen für die Entwicklung einer smarten Robotik- und KI-Strategie definiert. Der Rat geht davon aus, dass mithilfe des bestehenden Wissens über technologische Wandlungsprozesse auch die Veränderungen durch

Robotik und Künstliche Intelligenz gut bewältigt werden können. Für die Entwicklung von Robotern und künstlicher Intelligenz werden folgende Grundsätze empfohlen (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018, p. 32):

- Beachtung ethischer Werte und Grundsätze,
- Berücksichtigung gesellschaftlicher und ökologischer Konsequenzen,
- Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern,
- Verantwortung bleibt beim Menschen,
- Sicherheit der Technologie.

Bei Beachtung dieser Grundsätze könnten Robotik und künstliche Intelligenz das Potential haben, die großen Herausforderungen der modernen Gesellschaft zu lösen und die Lebensqualität, Kompetenzen und Handlungsmöglichkeiten der Menschen zu stärken. Der Rat sieht sich zu einer gesamtheitlichen Betrachtungsweise, Interdisziplinarität und verantwortungsvollen Technologiegestaltung verpflichtet. Das Mandat des Rates umfasst auch Stellungnahmen und Empfehlungen „zur Gestaltung von innovations- und technologiefördernden ökonomischen Rahmenbedingungen, welche die Ausschöpfung der Potenziale von Robotern, autonomen Systemen und künstlicher Intelligenz sowie die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie sicherstellen können“ (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018, p. 6). Der Rat verweist in seiner Stellungnahme neben technologischen, sozialen, institutionellen und organisatorischen Handlungsfeldern vermehrt auf die wirtschaftlichen Potentiale von Robotik und künstlicher Intelligenz.

Bericht des Europäischen Parlaments

Das Europäische Parlament hat sich mit einem Bericht des Rechtsausschusses in die Diskussion über den zukünftigen Umgang mit Robotern und deren Einsatz eingeschaltet (Europäisches Parlament, 2017). Der Bericht listet Empfehlungen an die Kommission zu den zivilrechtlichen Regelungen im Bereich Robotik. Enthalten sind unter anderem eine *Charta über Robotik* und ein *Ethischer Verhaltenskodex für Roboter-Ingenieure*. Besondere Schwerpunkte legt der Bericht auf die Sicherheit, Privatsphäre, Unversehrtheit, Würde und Autonomie des Menschen in jeder Kontaktphase mit Robotern und künstlicher Intelligenz (KI). Konkrete Forderungen beinhalten etwa ein Registrierungssystem für Roboter, die Einrichtung einer EU-Agentur für Robotik und KI, eine Festlegung zur zivilrechtlichen Haftung für von Roboter verursachte Schäden und Lizenzen für Konstrukteure und Nutzer von Roboter.

Begrifflich wird eine unionsweite allgemein anerkannte Bestimmung für cyber-physische und autonome Systeme, intelligente Roboter und deren Unterkategorien gefordert. An zwei Stellen des Berichts findet sich in leicht abgewandelter Form eine Auflistung von Eigenschaften, die in einer solchen Begriffsbestimmung berücksichtigt werden sollten (Europäisches Parlament, 2017, pp. 9, 24):

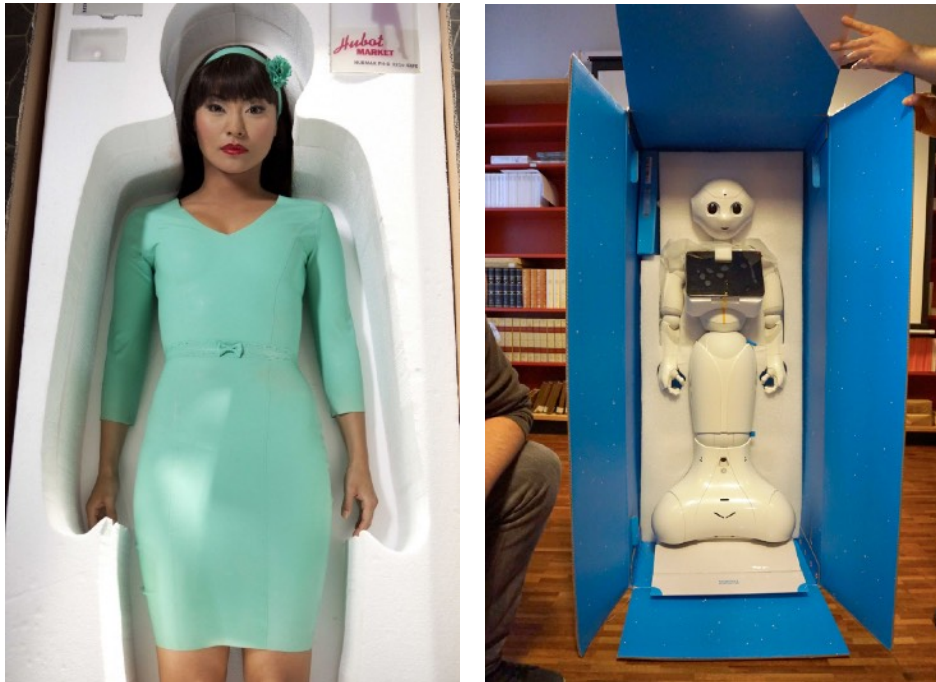
- „Erlangung von Autonomie über Sensoren und/oder über den Datenaustausch mit ihrer Umgebung (Interkonnektivität) und die Bereitstellung und Analyse dieser Daten,
- Fähigkeit zum Selbstlernen durch Erfahrung und durch Interaktion (optionales Kriterium),
- mindestens eine minimale physische Unterstützung,
- Fähigkeit, ihr Verhalten und ihre Handlungen an ihre Umgebung anzupassen,
- keine Lebewesen im biologischen Sinn.“

Auch wenn sich in der wissenschaftlichen Literatur keine einheitliche Definition von Robotern findet, decken sich die im Bericht des EU-Parlaments angeführten Fähigkeiten mit denen im wissenschaftlichen Diskurs der Mensch-Roboter-Interaktion geläufigen Fähigkeiten und Eigenschaften sozialer Roboter.

Medial hat der Bericht allerdings weniger aufgrund seiner inhaltlichen Forderungen für Aufsehen gesorgt, sondern vielmehr durch seinen Bezug zu literarischen Quellen. Einleitend wird auf die Phantasie der Menschen eingegangen, intelligente Maschinen und Androiden zu bauen. Als Bezugspunkte werden unter anderem der Pygmalion-Mythos, das Frankenstein-Monster, die Prager Golem-Legende und – begriffsbestimmend für den Begriff „Roboter“ – Karel Čapek genannt.

Vor dem Hintergrund, dass der Bericht die Sicherheit, Privatsphäre, Unversehrtheit, Würde und Autonomie des Menschen einfordert, sollte der einleitende Bezug zu Literatur und Science-Fiction als Warnung verstanden werden. Die erwähnten Beispiele führen allesamt Szenarien von Robotern vor Augen, die als nicht wünschenswert betrachtet und nicht im Einklang mit den geforderten Erwägungen zu Robotik und KI stehen: die Beseelung menschlicher Schöpfungen, die Erschaffung eines künstlichen Menschen, der Ersatz menschlicher Arbeitskräfte durch Arbeitsmaschinen oder die Zerstörung der Menschheit durch Roboter. Der Bericht des EU-Parlaments begründet seine Notwendigkeit daher mit dieser Diskrepanz zwischen den abzulehnenden

Szenarien und Bildern der Literatur und Science-Fiction und einer wünschenswerten, an ethischen Richtlinien orientierten Entwicklung von Robotern und KI.



Fiktion und Realität: Links eine Androide der Fernsehserie Real Humans, 2012 und rechts der humanoide Roboter Pepper von Softbank.

Am Bericht des EU-Parlaments ist zudem bemerkenswert, dass explizit auf die Science-Fiction-Literatur *Runaround* von Isaac Asimov und die darin postulierten „Robotergeretze“ (*Three Laws of Robotics*) Bezug genommen wird (Asimov, 1942):

1. *Ein Roboter darf kein menschliches Wesen verletzen oder durch Untätigkeit zulassen, dass einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird.*
2. *Ein Roboter muss den ihm von einem Menschen gegebenen Befehlen gehorchen – es sei denn, ein solcher Befehl würde mit Regel eins kollidieren.*
3. *Ein Roboter muss seine Existenz beschützen, solange dieser Schutz nicht mit Regel eins oder zwei kollidiert.*

Dem hierarchischen Aufbau der drei „Gesetze“ fügte Asimov im Roman *Der Aufbruch zu den Sternen*, 1983 das „Nullte Gesetz“ hinzu, in dem die Menschheit über dem einzelnen Menschen als höchste zu beschützende Instanz steht.

0. *Ein Roboter darf die Menschheit nicht verletzen oder durch Passivität zulassen, dass die Menschheit zu Schaden kommt.*

Im Bericht des EU-Parlaments werden Asimovs Gesetze allerdings nicht als Handlungsanweisungen auf Roboter selbst bezogen, sondern auf die Entwickler, Hersteller und Betreiber von Robotern. Als Begründung wird angeführt, dass „diese Gesetze nicht in einen Maschinencode umgewandelt werden können“ (Europäisches Parlament, 2017, p. 7). Diese Interpretation verkennt allerdings, „dass sich die ‚Gesetze‘ in Asimovs Geschichten sehr wohl als Handlungsvorschriften an Roboter richten“ (Lohmann, 2017, p. 171). Eine militärische Nutzung von Robotern, wie etwa Drohnen, Kampfrobotern oder automatischen Waffensystemen, steht diesen „Gesetzen“ grundsätzlich entgegen, d.h., sie können nur auf die Entwicklung und Nutzung ziviler Robotersysteme angewendet werden.

Japan: „Robot Revolution Realization Council“

*„We are engaged in achieving a ‚robot barrier free‘ society“
(Abe, 2015)*

Eine im Vergleich zu den europäischen Initiativen progressivere Vorgangsweise schlägt Japan ein. Der staatliche *Robot Revolution Realization Council* hat 2015 in einer *Robot Revolution Initiative* die geplante Entwicklung von Robotern für die nächsten fünf bis 25 Jahren dargelegt. Japans Vorstoß kann als eine Antwort auf die in von USA 2011 gestartete *National Robotics Initiative* (NRI) gesehen werden (Sziebig & Korondi, 2015). Bei einem Treffen des Rates 2015 ruft der japanische Premierminister Shinzo Abe dazu auf, öffentliche und private Sektoren zu verbinden, um eine Gesellschaft zu schaffen, in der Roboter – mehr als irgendwo anders auf der Welt – eingesetzt werden (Abe, 2015). Konkret genannt werden die Bereiche Landwirtschaft, Fertigung, Dienstleistungen, Pflege und Katastrophenschutz. Ziel der *Robot Revolution Initiative* ist der Einsatz von Robotern im täglichen Leben, neue Einsatzmöglichkeiten zu erschließen, die Benutzerfreundlichkeit und Akzeptanz von Roboter zu erhöhen und die Standardisierung von Roboter-Betriebssystemen (Sziebig & Korondi, 2015).

5.9. Fiktionale Roboter in Filmen, Serien und anderen Medien

„Art can be an especially powerful tool when it treats a subject that is not readily accessible to viewers.“

(Kriz, Damera & Porter, 2010, p. 1)

Mit Bezugspunkten zur griechischen Mythologie oder der klassischen Science-Fiction Literatur finden Roboter weite Verbreitung in zeitgenössischen Filmen und Serien. Da die Erfahrungen mit Robotern im Alltag nach wie vor begrenzt sind, ist es wahrscheinlich, dass das Verständnis von Robotern, die Formen möglicher Interaktionen und die Erwartungen an deren Fähigkeiten darauf basieren, was Menschen über fiktionale Roboter wissen (Kriz et al., 2010). Die in Filmen und Serien transportierten Bilder von Robotern können daher eine prägende Rolle für die Einstellung gegenüber zukünftigen Robotern spielen.

In einer explorativen Inhaltsanalyse haben Kriz et al. (2010) insgesamt 25 Roboter-Charaktere in 12 Filmen analysiert, von *Star Wars* (1977) bis *Transformers* (2007). Die Roboter-Charaktere wurden nach 16 kognitiven und sozialen Fähigkeiten bewertet. Jeder der untersuchten Roboter besaß visuelle und räumliche Wahrnehmung, konnte sprechen und Sprache verstehen. Eine Mehrheit der fiktiven Roboter zeigte aggressives Verhalten (88%) und ein Verhalten von Gruppenzugehörigkeit (96%). Zu den am seltensten auftretenden Fähigkeiten gehörten Lernen (40%), Vorurteile (44%) und Konformität (52%).

Auch in zeitgenössischen Filmen sind Roboter und deren Auswirkungen auf Menschen zentrales Element fiktionaler Erzählungen. In den Filmen *Robot & Frank* (2012), *Her* (2013) oder *Ex Machina* (2014) wird das Verhältnis von Mensch und Roboter hinterfragt und auf unterschiedlichen Ebenen Fragen der Assistenz, des Menschseins und der Beziehung zu Robotern verhandelt. Wie gehen wir mit Robotern und Androiden um, die wie Menschen aussehen und handeln, die in der Lage sind zu denken, die eigenständige Entscheidungen treffen und die fähig sind zu leiden?

Das zukunfts pessimistische Narrativ, dass sich Roboter gegen Menschen oder die Menschheit auflehnen, durchzieht fast alle fiktionalen Darstellungen von Robotern, wie auch die Serien *Real Humans – Echte Menschen* (2012 - 2014), *Westworld* (2016 & 2018) und den Film *Ex Machina* (2014). Meist sind es außer Kontrolle des Menschen geratene Roboter, die von ihren intendierten Verwendungen oder Rollen abweichen.

Schlüssel für diese Entwicklung ist zumeist die Kombination der Fähigkeit von ihrer Umgebung zu lernen und einen gewissen Grad an Autonomie zu entwickeln.

Robot & Frank (2012)



Robot & Frank ist eine Science-Fiction Komödie und handelt von Frank Weld, einem alternden Juwelendieb. Sein Sohn kauft Frank einen Haushaltsroboter, der ihn therapeutisch versorgen, eine feste Tagesroutine vorgeben und ihn bei alltäglichen Aktivitäten im Haushalt unterstützen soll. Zunächst misstrauisch freundet sich Frank mit dem Roboter an, als er merkt, dass der Roboter nicht zwischen legalen und kriminellen Aktivitäten unterscheiden kann. Gemeinsam nehmen sie Franks Karriere als Einbrecher wieder auf.

Real Humans – Echte Menschen (2012 - 2014)



Real Humans ist eine Science-Fiction Serie, die in einer alternativen Zukunft in Schweden spielt, in der Androiden weit verbreitet sind. Die Androiden – als Hubots bezeichnet – agieren als Diener, Arbeiter, Begleiter und illegal als Sexualpartner. Während einige Menschen diese neuen Technologie annehmen, gehen andere gegen sie vor. Die Serie folgt den daraus resultierenden Auswirkungen auf mehrere Familien und einer Gruppe von Robotern, die sich ihre Freiheit und Unabhängigkeit von menschlichen Eigentümern erkämpfen wollen.

Her (2013)



Her ist ein romantisches Science-Fiction Drama, in dem Theodore Twombly eine Beziehung zu einer virtuellen Assistentin eines Betriebssystems aufbaut, die er Samantha nennt. Die mit künstlicher Intelligenz (KI) ausgestattet Samantha wird durch eine weibliche Stimme verkörpert. Theodore ist fasziniert von ihren Fähigkeiten und sie führen Diskussionen über Beziehungen und Liebe. Als sich die Beziehung zwischen ihnen vertieft, gesteht ihm Samantha, dass sie sich einer Gruppe anderer KIs zu einem hyperintelligenten Betriebssystem angeschlossen hat und ihn verlassen wird.



Ex Machina (2014)

Der Science-Fiction Thriller Ex Machina handelt von dem Programmierer Caleb, der den weiblichen Androiden Ava, unter Beobachtung ihres Konstrukteurs Nathan einem einwöchigen Turing-Test⁵ in dessen abgelegenen und gesicherten Anwesen unterziehen soll. Caleb fühlt sich von Ava angezogen und baut eine emotionale Beziehung zu ihr auf. Als Ava nach Abschluss des Tests reprogrammiert und damit gelöscht werden soll, nützt sie Calebs Zuneigung, um ihre Flucht vorzubereiten. Auf der Flucht tötet Ava ihren Konstrukteur Nathan, lässt Caleb gefangen zurück und verlässt alleine das Anwesen.

⁵ Die Idee des Turing-Test wurde 1950 von Alan Turing formuliert und beschreibt ein Prüfverfahren für das Ausmaß der Intelligenz einer Maschine im Vergleich zur Intelligenz eines Menschen (Turing, 1950). Eine Versuchsperson befragt schriftlich zwei Adressaten zu beliebigen Themen und soll aus den schriftlichen Antworten feststellen, bei welchem der Adressaten es sich um einen Computer und bei welchem um einen Menschen handelt.

Westworld (2016 & 2018)



Die Science-Fiction Western Serie basiert auf einem gleichnamigen Film (1973) und spielt in Westworld, einem fiktiven, technologisch fortschrittlichen Wild-West-Themenvergnügungspark, der mit Androiden – genannt Hosts – ausgestattet ist. Der Park richtet sich an zahlungskräftige Kunden, die ihre sexuellen, gewalttätigen und psychologischen Fantasien frei von Konsequenzen und Moral ausleben können. Die Hosts folgen vordefinierten Rollen und Narrativen, wobei nach deren „Tod“ alle vorherigen Erinnerungen gelöscht werden. Eine Gruppe von Hosts bewahrt jedoch Erinnerungen an ihre vergangenen „Leben“. Dadurch beginnen sie eine Art Bewusstsein zu entwickeln und aus ihren Rollen auszubrechen.

Die Bandbreite der physischen Gestalt fiktionaler Roboter reicht von der rein virtuellen künstlichen Intelligenz in *Her*, über den maschinenhaften humanoiden Roboter in *Robot & Frank*, Androiden in *Ex Machina* und *Westworld*, bis zu Cyborgs, Mischwesen aus lebendigem Organismus und Maschine, wie Leo Eischer in *Real Humans*. Manche Androiden sind äußerlich eine exakte Imitation des Menschen und von ihnen nicht zu unterscheiden, wie etwa die Hosts in *Westworld*, andere wiederum besitzen klar erkennbare technisch-maschinenhafte Elemente, wie Ava in *Ex Machina*.

Themenfelder und Fragestellungen aus Filmen und Serien

Im Folgenden werden weitere Themenfelder und Fragestellungen aus den beschriebenen Filmen und Serien identifiziert, die sich insbesondere in alltäglichen Situationen in Wohnumgebungen mit Robotern stellen könnten. Ergänzt werden die in den Filmen und Serien durch die Dramatisierung überzeichneten Aspekte durch Bezüge zu aktuellen Forschungen und bereits real existierenden Robotern.

- **Welchen rechtlichen Status sollen Roboter haben?**

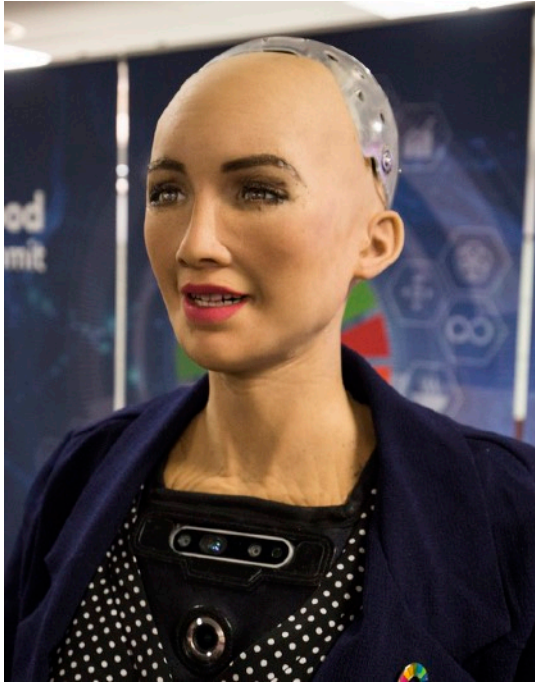
Ausgangspunkt für die Serie *Real Humans* ist die fünfköpfige Familie Engman. Als der Vater Hans Engman die Androide Mimi nach Hause bringt, zeigen sich unterschiedliche

Vorstellungen über deren Verwendung als Haushaltshilfe und deren Status innerhalb der Familie. Die Mutter und Anwältin Inger Engman lehnt Mimi zunächst ab, stimmt jedoch einer zweiwöchigen Testphase zu. Während dieser verändert sich ihr Haltung zu Mimi und sie spricht sich für deren Verbleib im Haushalt unter der Bedingung aus, dass Mimi wie ein vollständiges Familienmitglied behandelt wird. Im weiteren Verlauf der Serie beginnt der Roboter Mimi in der Rechtsanwaltskanzlei zu arbeiten, in der auch Inger Engman arbeitet, und es werden Fragen zu Diskriminierung, Arbeitszeiten und Urlaubsansprüchen von Robotern aufgeworfen. In einem späteren Gerichtsprozess über Erbstreitigkeiten bekommt zwei mit einer speziellen Software ausgestattete Androide den gleichen rechtlichen Status wie Menschen zugesprochen.

Das Prinzip des Themenparks der Serie *Westworld* basiert auf der Ambivalenz der Rolle von Androiden: Einerseits ist ihre Gestaltung und ihr Handeln so menschenähnlich wie möglich, um eine der Realität täuschend ähnliches Erlebnis zu ermöglichen. Jedoch sind Androiden rechtlose Maschinen, die von den Betreibern des Parks gestaltet, aussortiert und von den Gästen des Parks nach Belieben behandelt werden können.

Die Frage über den rechtlichen Status von Robotern ist bereits in der Realität angekommen und beschäftigt auch das Europäische Parlament. In ihrem Bericht zur Robotik (2017) fordert das Europäische Parlament eine Folgenabschätzung über künftige legislative Rechtsinstrumente für unterschiedliche Lösungsansätze. Einer dieser Ansätze beinhaltet

„langfristig einen speziellen rechtlichen Status für Roboter zu schaffen, damit zumindest für die ausgeklügeltsten autonomen Roboter ein Status als elektronische Person festgelegt werden könnte, die für den Ausgleich sämtlicher von ihr verursachten Schäden verantwortlich wäre, sowie möglicherweise die Anwendung einer elektronischen Persönlichkeit auf Fälle, in denen Roboter eigenständige Entscheidungen treffen oder anderweitig auf unabhängige Weise mit Dritten interagieren“ (Europäisches Parlament, 2017, p. 21f).



Humanoide Roboter Sophia des Hongkonger Unternehmens Hanson Robotics (Quelle: ITU/ D. Procofieff)

Während das EU-Parlament den Status einer „elektronischen Person“ für Roboter prüfen möchte, wird dem humanoiden Roboter Sophia 2017 die Staatsbürgerschaft Saudi-Arabiens verliehen. Die Verleihung hat zu einer kontroversen Diskussion über die Rechte von Frauen in Staaten wie Saudi-Arabien geführt. Im gleichen Jahr wird Sophia der Titel des *Innovation Champion* durch das *United Nations Development Programme* verliehen, dem Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen. Damit ist der Roboter Sophia das erste nicht-menschliche Wesen, das einen offiziellen Titel der Vereinten Nationen trägt. Mit diesem Titel soll Sophia die Ziele der Vereinten Nationen, wie Innovation, nachhaltige Entwicklung, Menschenrechte und Gleichbehandlung von Frauen, insbesondere in den am wenigsten entwickelten Ländern unterstützen.

- **Wo dürfen Roboter sein?**

Benjamin Lipp (2016) vergleicht die Art und Weise, wie wir uns heute Roboter vorstellen, mit Heinzelmännchen. Einer Sage nach sind Heinzelmännchen gutmütige Hausgeister, die nachts unbemerkt Hausarbeiten verrichten, während die Bewohner schlafen. Da Heinzelmännchen ungesehen arbeiteten, scheint auch der Alltag von ihrer Anwesenheit unberührt zu bleiben. Roboter sind jedoch keine Heinzelmännchen, die nach getaner Arbeit verschwinden. Je stärker etwa Assistenzroboter an täglichen Routinen beteiligt sind, desto näher sind sie uns auch, wenn sie gerade nicht gebraucht

werden. Jedoch „künstliche Intelligenzen überlegen nicht, was sie nach Feierabend tun“ (Socher, 2019). Daher liegt es an den Besitzern und Nutzern, das für sie zu tun. Sollen Roboter immer angeschaltet sein oder wenn sie nicht gebraucht werden im Standbymodus im Abstellraum verschwinden? Die physische Anwesenheit eines Roboters und unsere Beziehung zu ihnen erfordert es, dass wir uns mit ihrer Präsenz auseinandersetzen. Können wir uns ihnen in einem Moment emotional nahe fühlen und sie im nächsten Moment ausschalten?

Wo positionieren wir Roboter im Haushalt und wo positionieren wir uns im Verhältnis zu ihnen? Unsere Beziehung zu Robotern zeigt sich auch in den Orten an denen sich Roboter im Haushalt befinden. Während die Familie Engman (*Real Humans*) abends am Esstisch sitzt, steht der Hubot Anita unbeteiligt im Hintergrund. Als die Familie beschließt, Anita als ein Mitglied der Familie zu betrachten, darf sie mit ihnen am Esstisch sitzen. Die Orte an denen sich Roboter befinden (dürfen) und unser Beziehung zu ihnen stehen daher in einem wechselseitigen Verhältnis.



Verschiedene soziale Situationen des Hubots Anita in der Wohnküche der Familie Engman (Quelle: *Real Humans*, 2012)

- **Welche Beziehung wollen wir zu Robotern?**

Fiktionale Roboter zeigen die Vielfalt möglicher Beziehungen zwischen Mensch und Roboter: Studienobjekt, Spielzeug, persönlicher Assistent, Komplize oder Partner. Zwei Frauen in der Serie *Real Humans* führen eine partnerschaftliche Beziehung zu einem Hubot und setzen sich für deren Gleichberechtigung ein. Es wird auch deutlich, dass ein Roboter für verschiedene Personen unterschiedliche Rollen spielt. Dadurch entstehen individuelle Beziehungen, die zu Begehren führen können, die oftmals im Widerspruch zueinander stehen.

In *Ex Machina* ist die Androide Ava für deren Konstrukteur ein Studienprojekt für künstliche Intelligenz, dessen Erfahrungen reprogrammiert und damit gelöscht werden können. Caleb, der eine emotionale Beziehung zu dieser Version von Ava aufgebaut hat, möchte genau das verhindern. Dieser Widerspruch bestimmt die Handlungen der Akteure und den Handlungsverlauf des Films.

In *Real Humans* wehrt sich der Großvater Lennart, als er einen Ersatz für den defekten Hubot Odi bekommen soll. Lennart und Odi haben ein freundschaftliches Verhältnis und teilen gemeinsame Erlebnisse. Daher möchte Lennart Odi trotz Funktionsstörungen nicht durch einen neuen Hubot ersetzen. Um zu verhindern, dass Odi „recycelt“ wird, versteckt Lennart ihn vor der neuen Hubot-Haushaltshilfe und seiner Familie im Keller.



Lennart versteckt seinen defekten Hubot Odi im Keller (links); zwei Frauen mit ihrem männlichen Hubot-Partner (rechts) (Quelle: *Real Humans*, 2012)

Die Darstellungen fiktionaler Roboter in Filmen zeigen, dass sich die Beziehung zwischen Menschen und Robotern im Laufe der Zeit und mit den geteilten Erfahrungen verändert. Eine zunächst skeptische-ablehnende Haltung kann sich zu einer positiven Einstellung gegenüber Robotern entwickeln. Ebenso kann eine zunächst neutrale Einstellung zu Robotern durch persönliche negative Auswirkungen im Arbeits- und Familienleben in eine kämpferisch-ablehnende Haltung gegenüber Robotern umschlagen.

Können und sollen soziale Roboter oder anderen Technologie dabei helfen sich weniger einsam zu fühlen? Wo verläuft die Grenze zwischen hilfreicher Assistenz und einem Ausnutzen von Erwartungen und Sehnsüchten besonders verletzlicher Menschen? Dass sich die Frage der Beziehung nicht nur bei Robotern sondern auch bei virtuellen Künstlichen Intelligenzen stellt, wird im Liebesdrama *Her* gezeigt. Der Film hinterfragt die Qualitäten menschlicher und virtueller Beziehungen und geht möglichen Folgen und

Erwartungen einer Beziehung zwischen einer Person und einer künstlichen Intelligenz nach.

Welche Art der Unterstützung und Unterhaltung erwünscht ist wird auch durch kulturelle Aspekte bestimmt. Die japanische Firma Vinclu vertreibt mit der Gatebox den Anime-Charakter Azuma Hikari als Hologramm für das Zuhause. Beworben wird Gatebox als eine virtuelle Freundin, die ihren Besitzer ähnlich einer stets verfügbaren Partnerin von morgens bis abends durch den Tag begleitet. Ist man nicht zu Hause kann via Smartphone der Kontakt zur virtuellen Begleiterin gehalten werden. Die Gatebox scheint auf den ersten Blick – vom Science Fiction Film *Her* inspiriert – die japanische Antwort auf Amazon Echo und Google Home zu sein. Sie richtet sich jedoch speziell an die Zielgruppe der sogenannten Otakus. Otakuismus ist ein subkulturelles Phänomen, das in Japan begonnen hat und sich in den letzten Jahren auch im Westen verbreitet (Appel, Marker & Mara, 2019). Otakus weisen Ähnlichkeiten, jedoch auch Unterschiede zu den im Westen bekannteren *nerds* und *geeks* auf. Otakus zeichnen sich durch ein starkes Interesse an den fiktionalen Welten von Animationen, Mangas und Computerspielen aus und besitzen eine hohe Affinität zu neuen Technologien (Washida, 2005). Otakus verbringen zudem einen Großteil ihrer Zeit zu Hause und werden oft als schüchtern und sozial zurückgezogen beschrieben.



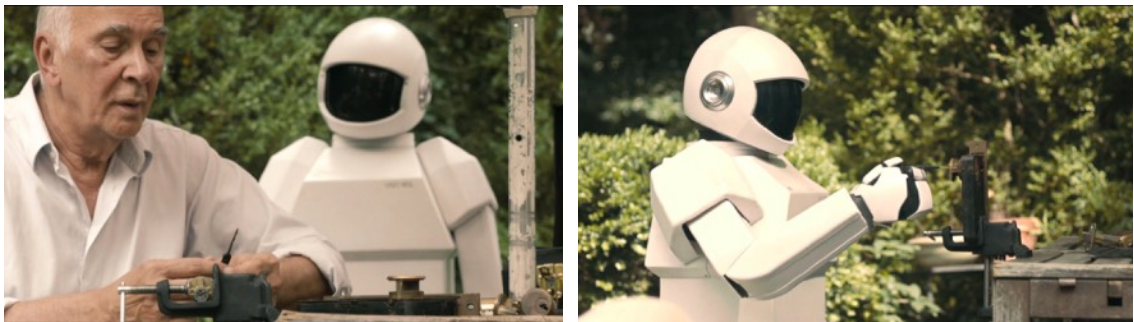
Gatebox mit dem virtuellen Anime-Charakter Azuma Hikari (Quelle: <https://gatebox.ai/> [Zugriff: 25.07.2019])

Die emotionalen Qualitäten einer künstlichen Intelligenz sind auch Gegenstand aktueller Forschungen. Hoorn et al. (2018) haben mit einem visuellen männlichen Avatar, der in der Lage ist zu sprechen und Gesichtsausdrücke zu simulieren, eine aktualisierte und erweiterte Version des Turing-Tests durchgeführt. In dem Experiment fand ein Speed-Date mit 54 jungen Frauen statt, wobei entweder eine Software oder eine Person die Antworten des virtuellen Avatars steuerte. Die Teilnehmerinnen

beobachteten keine Unterschiede, sondern Ähnlichkeiten im emotionalen Verhalten der virtuellen Avatare, unabhängig ob diese von einer Software oder einem Menschen gesteuert wurden. Die Simulation der emotionalen Intelligenz des virtuellen Avatars war so realistisch, dass junge Frauen in dem virtuellen Speed-Date nicht zwischen der von einer Person und der von einer Software erzeugten Interaktion unterscheiden konnten.

- **Wer bestimmt die Ziele von Robotern?**

In den Serien *Robot & Frank* und *Real Humans* werden unterschiedliche Modelle der Beziehung zwischen einer älteren pflegebedürftigen Person und dessen Assistenzroboter gezeigt. Es stellt sich die Frage, ob ein Roboter sich am Wohlergehen der ihm zugeordneten Person orientieren soll, den Interessen anderer Personen oder an juristischen Regeln. In *Robot & Frank* bringt Frank seinen Roboter dazu, ihn bei seinen Zielen zu unterstützen. In Franks Fall sind dies die Vorbereitung und Durchführung von kleineren Einbrüchen, bei denen der Roboter als hilfreicher Komplize assistiert. Der Roboter akzeptiert, dass die Planung und Durchführung von Einbrüchen Aktivitäten sind, die Franks körperlicher und geistiger Gesundheit zuträglich sind. Da der Roboter nicht zwischen legalen und kriminellen Aktivitäten unterscheiden kann, unterstützt er Frank dabei. Frank hat zudem Freude, dem Roboter das Aufbrechen von Schlössern beizubringen.



Frank zeigt seinem Assistenzroboter, wie man Schlösser aufbricht (Quelle: *Robot & Frank*, 2012)

Gänzlich anders ist die Situation in *Real Humans* zwischen Lennart und seiner resoluten Roboter-Haushälterin Vera. Vera bestimmt den gesamten Tagesrhythmus und toleriert kein abweichendes Verhalten. Sie serviert Lennart bei zu hohem Blutdruck ausschließlich Tee statt Kaffee, Salat statt der von ihm bevorzugten Lasagne und bestimmt, wann es Zeit ist, schlafen zu gehen. Während Vera alle Räume des Hauses

nach ihren Vorgaben organisiert, schafft sich Lennart im Keller einen privaten Rückzugsraum, der nicht von seiner Roboter-Haushälterin kontrolliert wird.

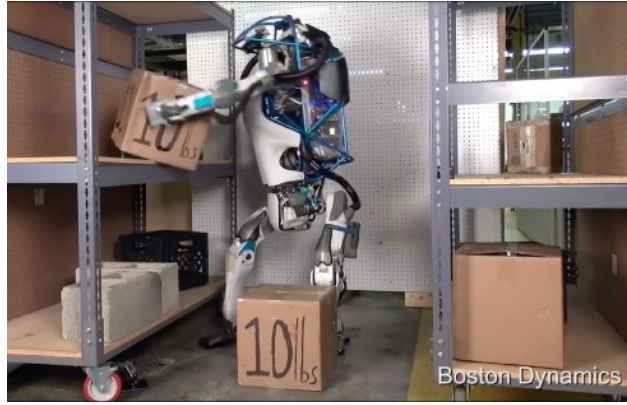
- **Weitere Themenfelder und Fragestellungen**

Neben den zuvor beschriebenen Fragestellungen werden in der Darstellung fiktionaler Roboter folgende Themen aufgeworfen:

- Optimierung des Menschen und Erschaffung von Cyborgs (Mischwesen aus lebendigem Organismus und Maschine)
- Bevormundung, Gewalt und Bedrohung durch Roboter.
- Wie menschenähnlich sollen Roboter sein?
- Können Roboter eigenständige Ziele und Gefühle haben?
- Welche Tätigkeiten sollen Roboter ausführen und welche nicht?
- Verlust des Arbeitsplatzes durch Roboter.
- Wer ist für durch Roboter verursachte Schäden verantwortlich?

Weitere Quellen, die uns mögliche Fähigkeiten von Robotern zeigen, sind Videos in Online Medien und sozialen Netzwerken, die Einblicke in Roboterlabore geben. Weit verbreitet haben sich Videos verschiedener Roboter von Boston Dynamics⁶, einer Firma im Nahbereich der Militärtechnik. Boston Dynamics hat neben anderen Projekten militärische Forschung und Entwicklung für die *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) durchgeführt, einer Behörde des Verteidigungsministeriums der Vereinigten Staaten. In den Videos von Boston Dynamics sind Roboter in unterschiedlichen Größen und Fortbewegungsarten zu sehen, die über unwegsames Gelände laufen, Saltos ausführen, Kisten stapeln und von Menschen kaum aus dem Gleichgewicht zu bringen sind.

⁶ Boston Dynamics entstand 1992 als Ausgründung des MIT. 2013 wurde Boston Dynamics von Google und 2017 von Softbank übernommen.



Leistungsschau des Roboters Atlas von Boston Dynamics (Quelle: <https://www.bostondynamics.com> [Zugriff: 25.07.2019])



Die Roboter SpotMini (links) und Handle (rechts) von Boston Dynamics (Quelle: <https://www.bostondynamics.com> [Zugriff: 25.07.2019])

Wie bei den allermeisten Videos von Boston Dynamics oder von anderen Roboterlaboren sieht man selten die vielen Hürden und Fehlversuche, die es gegeben hat. Dieser selektive Ausschnitt der Roboterentwicklung nährt die Vorstellung, dass die Entwicklung von Robotern bereits weiter fortgeschritten ist, als es tatsächlich der Fall ist.

5.10. Logistik, verteiltes Handeln und die Organisation von Lagerräumen

In technisierten Logistikzentren und Lagerräumen verteilen sich Handlungen auf menschliche und technische Akteure in unterschiedlichen Konfigurationen. Durch das sinnvolle Zusammenspiel verschiedener Teilhandlungen wird eine spezifische Aufgabe ausgeführt, etwa alle Pakete mit dem gleichen Zielort zu sammeln. Notwendig dazu ist

das Wissen über die aktuelle Position eines Paketes und dessen physischer Transport innerhalb des Lagers.

Die Logistikzentren von Amazon sind ein Beispiel exakt organisierter Räume, die nach Effizienz, Rationalität und den Prinzipien der Lagerung und Verteilung von Produkten optimiert sind. Im Gegensatz zu einem Festplatzsystem, bei dem jedes Produkt einen fix zugeordneten Platz besitzt, sind Amazons Logistikzentren nach dem Prinzip der sogenannten dynamischen oder chaotischen Lagerhaltung organisiert. Die Produkte sind nahezu beliebig auf gerade nicht belegte Stellen des Lagers verteilt (Freiplatzprinzip). Ein EDV-System übernimmt die Lagerplatzverwaltung, d.h. das System besitzt das Wissen über jede aktuelle Position eines Produktes. Da das Zusammentragen bestellter Artikel händisch funktioniert, gilt bei der Einlagerung die Regel, dass ähnliche Produkte nicht direkt nebeneinander gelagert werden sollten. Das reduziert die Verwechslungsgefahr beim manuellen Zusammentragen der Bestellungen und optimiert den Auslieferungsprozess.



Lager des Online-Versandhändlers Amazon (Quelle: <http://www.haz.de/Nachrichten/Wirtschaft/Niedersachsen/Kommt-Amazon-auch-nach-Achim> [Zugriff: 25.07.2019])



Lager-Roboter in der Apotheke Bozner Platz in Innsbruck (Quelle: <https://www.apo-boznerplatz.at/hinter-den-kulissen/lager-roboter/> [Zugriff: 25.07.2019])

Auch in Apotheken übernehmen zunehmend Automaten die Lagerung und das Auffinden von Medikamenten. Die Angestellten in der Apotheke übernehmen die fachliche Beratung und soziale Interaktion mit dem Kunden. Auf Bestellung des Mitarbeiters werden die gewünschten Medikamente mittels Rohrpost-System direkt in den Verkaufsraum befördert und dem Kunden ausgehändigt.

In China werden Schwärme kleiner Roboter eingesetzt, um Pakete zu sortieren, wie etwa im Paket-Verteilungszentrum von Shentong (STO) Express in Hangzhou (China). Arbeiter platzieren je ein Paket auf der Ladefläche des Roboters. Der Roboter identifiziert den Zielort des Pakets durch Scannen eines Codes auf dem Paket und befördert es an die vorgesehene Stelle des Sortierzentrums. Durch den zunehmenden Ersatz menschlicher Arbeiter durch Maschinen konnte das Unternehmen seine Arbeitskosten halbieren und die Effizienz um rund 30% steigern (Zheng, 2017).



Ein Schwarm kleiner Roboter sortiert Pakete im Sortierzentrum Shentong Express in Hangzhou, Provinz Zhejiang, China (Lepreux & Misch, 2019).

Logistikzentren und Lagerräume sind für das Zusammenspiel menschlicher und technischer Handlungen organisiert und produzieren durch diese Strukturierung wiederum exakt jene gewünschten Handlungen. Die Handlungen verteilen sich in unterschiedlichen Anteilen und Qualitäten auf menschliche und technische Akteure. Personen werden meist nur noch für jene Teilhandlungen eingesetzt, die noch nicht oder nicht gewinnbringend automatisiert werden können. Der Grad der Automatisierung bestimmt das Verhältnis menschlicher zu technischer Handlungen am Gesamtprozess. Die nach Effizienz und Rationalität ausgerichteten Lagerräume stellen spezifische Anforderungen an die Organisation des Raumes und die handelnden Akteure. Die Handlungen, die in diesen Räumen stattfinden, und wer diese ausführt, bestimmen die Prinzipien nach denen diese Räume gestaltet sind. Je repetitiver die Tätigkeiten, desto spezialisierter werden Räume organisiert und desto weniger Spielraum haben zu den Organisationsprinzipien des Raumes abweichende Handlungen.

5.11. Robotik und KI als wachsender Wirtschaftszweig

In der fiktionalen Darstellung von Robotern sind es meist große und einflussreiche Firmen, die den Markt für Roboter bestimmen. Neben den geschäftlichen Interessen der Firmen werden oftmals zweifelhafte bis kriminelle Absichten über die handelnden Firmen angedeutet. Der eigentliche Grund der Themenparks der Serie *Westworld* soll

das Interesse der Betreiberfirma Delos Inc. an den Informationen und der DNA der wohlhabenden Gäste sein. In einer anderen Episode wird angedeutet, dass der wahre Zweck des Themenparks darin bestünde, den Schlüssel zur Unsterblichkeit zu finden.

Derzeit treiben große Firmen die Entwicklung auf dem Feld der Robotik und der KI voran. Um den kommerziellen Markt für Robotik und KI zu erschließen bringen sich Unternehmen aus den Bereichen Elektronik (z.B. Apple), Technologie (z.B. Alphabet Inc.), Software (z.B. Microsoft) und Telekommunikation (z.B. Softbank) in Stellung und investieren in die Forschung und die Entwicklung. Über die Kosten der Produktentwicklung bei Google X sagt Sebastian Thrun, Gründer dieser Forschungsabteilung des Unternehmens Alphabet Inc.:

„Der Preis hinter dem wir her sind, ist so groß, dass Geld auf dem Weg dorthin keine Rolle spielt.“

(Schulz, 2014)

Das EU-Parlament ist der Ansicht, dass Robotik und künstlichen Intelligenz eine „wichtige Rolle für die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und der Produktivität der europäischen Wirtschaft spielen“ (Europäisches Parlament, 2017, p. 64). Daher sei es wichtig „Maßnahmen zur Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen und von Start-up-Unternehmen im Bereich Robotik zu ergreifen, die neue Marktsegmente in diesem Bereich eröffnen oder Roboter einsetzen“ (Europäisches Parlament, 2017, p. 10). Das EU-Parlament hat Robotik und KI als strategischen Wirtschaftszweig identifiziert und stellt fest, „dass Drittstaaten die strategische Bedeutung der Robotik erkannt haben und die Führungsrolle der Union auf dem Weltmarkt beispielsweise durch Übernahmen europäischer Hersteller in Frage stellen“ (Europäisches Parlament, 2017, p. 65).

Fast alle europäischen und internationalen Initiativen zur Robotik und KI verweisen neben der Notwendigkeit zur Kooperation darauf, dass man ohne starke Eigeninitiativen im Vergleich zu den jeweils anderen Nationen und Kontinenten wirtschaftlich und technologisch zurückfallen würde:

„In this new era, if we continue to sit idly by, we are likely to simply become subcontractors of the United States and Europe.“

(Abe, 2015)

„Robotik und KI können dazu beitragen, die internationale Wettbewerbsfähigkeit unserer Unternehmen zu sichern und somit langfristig Arbeitsplätze zu schaffen bzw. zu erhalten.“

(Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018, p. 8)

„[Das Europäische Parlament] ist der Ansicht, dass Robotik und künstliche Intelligenz eine wichtige Rolle für die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und der Produktivität der europäischen Wirtschaft spielen.“

(Europäisches Parlament, 2017, p. 64)

Die Bedeutung des Wirtschaftszweigs Robotik zeigen auch regelmäßige Berichte und Marktprognosen für humanoide Roboter.

Global Humanoid Robot Market to Gain Returns of USD 3.71 Billion by 2024

Connectivity Market

Global **Humanoid** Robot market report which was assessed at USD 0.32 Billion in 2017 and is feasible to gain market returns of USD 3.71 Billion by ...

AI Robots Market 2019 Size, Global share, Key Companies Profiles, Growth Potentials, Features ...

Investor Opinion

The advent of artificial intelligence has led to the emergence of **humanoid** robots that resemble humans and have a vast scope of applications in ...

Humanoid Robot Market Sees steady Expansion by 2024

ZMR Market Journal (press release) (blog)

The "**Humanoid** Robot Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecasts 2018–2024" report serves with all-inclusive, ...

Humanoid Robots Market will reach \$27.04 billion by 2025- An Exclusive Report Published on ...

Market Talk News

[Reportocean.com](https://reportocean.com) "**Global Humanoid** Robots Market" report has been added to its Research Database. This report predicts the aggregated revenue of ...

Auswahl von Online-Nachrichtenmeldungen zur wirtschaftlichen Entwicklung des Market für humanoide Roboter (Zeitraum 09.-17.05.2019)

Im Vergleich zu anderen Teilen der Welt sind die Investitionen der EU im Bereich KI jedoch niedrig. Nach Schätzungen der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft werden in Europa aktuell jährlich drei bis vier

Milliarden Dollar in den Bereich KI investiert, in Asien sind es zwischen acht und zwölf Milliarden und in Nordamerika 15 bis 23 Milliarden (FFG, 2019, p. 18). Die Europäische Kommission plant daher, dass bis Ende 2020 mindestens 20 Milliarden Euro und in den darauf folgenden zehn Jahren über 20 Milliarden Euro jährlich an öffentlichen und privaten Investitionen in die Forschung und Innovation im Bereich der KI fließen sollen (Europäische Kommission, 2018).

5.12. Welche Zukunft wollen wir haben?



Henn na Hotel in Nagasaki (Quelle: <https://www.technocracy.news/worlds-first-robot-hotel-fires-half-of-robot-staff/> [Zugriff: 25.07.2019])

Aus vielen Zukunftsszenarien sind Roboter nicht mehr wegzudenken und bereits heute debütieren soziale Roboter in Hotels, Krankenhäusern, Seniorenheimen, Restaurants oder Supermärkten. Als selbstverständlicher Teil des Alltags könnten sie lästige Tätigkeiten im Haushalt übernehmen, Menschen mit besonderen Bedürfnissen unterstützen oder als unermüdliche Verkaufsassistenten in Geschäften eingesetzt werden. Das sind nur einige der Erwartungen an zukünftige Roboter.

Die potentiellen Anwendungsbereiche in privaten und öffentlichen Räumen sind ebenso vielfältig wie die Erwartungen, die in die Robotik gesetzt werden. 2015 eröffnete das Henn na Hotel in Nagasaki, das – vom Check-in bis in die Hotelzimmer – fast vollständig von Robotern geführt wird. Nach zahlreichen Beschwerden von Gästen musste

jedoch die Hälfte der Roboter wieder abgebaut und teils durch menschliches Personal ersetzt werden. Bei diesen und ähnlichen Zurschaustellungen wie dem Roboter-Restaurant in Shinjuku stellt sich die Frage, ob hier nicht vielmehr Klischees westlicher Touristen über die vermeintliche Vorliebe vieler Japaner für Roboter bedient werden.

Für Aufsehen sorgte die Ankündigung 2014 von Nestlé, den humanoiden Pepper für den Verkauf von Nescafé-Maschinen einzusetzen. Aber auch die Supermarktketten Merkur in Österreich und Carrefour in Frankreich und Spanien setzen mittlerweile den humanoiden Roboter Pepper als Marketingwerkzeug in ausgewählten Filialen ein. Die Aufgaben dieser Roboter beschränken sich meist darauf, Kunden zu begrüßen, sie zu unterhalten sowie über Angebote und neue Produkte zu informieren. Sieht so der zukünftige Einsatz von Robotern im Alltag aus?



Roboter Pepper im Supermarkt Carrefour in Spanien (Quelle: <https://www.instoremag.it/attualita/metto-un-robot-nel-supermercato-carrefour-testa-pepper-in-spagna/20170412.91840/> [Zugriff: 25.07.2019])

Universell einsetzbare Dienstleistungs-Roboter für das Zuhause, die den Menschen von jeglicher mühevoller Hausarbeit befreien, sind jedoch stets mehr Fiktion als Realität. Ob diese Fiktion Realität wird, ist fraglich, denn es zeigt sich, dass die Vorhersagen unterschiedlicher Experten im Bereich der künstlichen Intelligenz keinerlei Konvergenz und nur wenig Korrelation untereinander aufweisen (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018). Zudem gibt es einen starken Trend, die zukünftige Entwicklung der nächsten 15 bis 25 Jahre tendenziell zu optimistisch vorherzusagen (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018).

Zukunftszenarien

Im Rahmen sogenannter Zukunftszenarien beschäftigt sich die Wissenschaft, insbesondere die Technikfolgenabschätzung, mit dem zukünftigen Einsatz von Technik in der Gesellschaft. *Welche Zukunft wollen wir haben?* Zu diesem Thema, wie Forschung und Technik unser Leben verändern sollen, entwickelten Gaßner und Steinmüller (2009) für das deutsche Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung zwölf Szenarien. Neben wissenschaftlichen Studien und Experimenten lassen sich anhand von Zukunftsszenarien „mögliche Ausformungen zukünftiger Innovationen in ihren lebensweltlichen Anwendungskontexten veranschaulichen“ (Gaßner & Steinmüller, 2009, p. 9). Explorativ angelegte Szenarien sind eine Möglichkeit, zukünftige und wünschenswerte Entwicklungen konkret im Lebensalltag zu verorten. Narrativ-normative Szenarien können als Grundlage für Diskussionen über konkret beschriebenen Zukunftszustände dienen und zur Reflexion anregen.

Es handelt sich bei Zukunftszenarien nicht um Prognosen, sondern um die Beschreibung *einer* möglichen Zukunft, die anschaulich das technisch Mögliche mit Aspekten des sozial Wünschenswerten verbindet. Zwei ausgewählte Szenarien mit Bezug zu Raum und Technologie bilden den Ausgangspunkt meiner Überlegungen, da sie zeigen, aus welcher Perspektive sich Experten des jeweiligen Fachgebietes mit dieser Thematik auseinandersetzen. Wesentlich sind nicht die konkreten Beispiele und Anwendungen, die wie beschrieben oder auch anders eintreten können, sondern vielmehr welche Grundannahmen implizit die jeweiligen Szenarien beinhalten. Darüber hinaus bilden Szenarien auch zunehmend den Ausgangspunkt für die Entwicklung von Forschungspolitiken und haben somit als Strategieprogramme indirekt einen lenkenden Charakter in der Forschungsförderung.

In den Zukunftsszenarien *Tina und ihr Butler* und *Das bionische Haus* werden mögliche Zukünfte des Zuhause und der unmittelbaren Wohnumgebung beschrieben (Gaßner & Steinmüller, 2009). Diese Szenarien zeichnen ein Bild eines vernetzten und hoch technisierten Zuhauses, in dem die Technik mit dem Menschen und seinen physischen und virtuellen Lebensräumen eine funktionale Einheit bilden. Im Szenario *Das bionische Haus* wird das Gebäude in seiner Gesamtheit durch Autoregulation und Selbstlernfähigkeit zu einem robotischen System. In diesem Szenario passt sich das Haus an ihre Benutzer an, der Benutzer lernen mit der Technik umzugehen. Das Szenario *Tina und ihr Butler* beschreibt einen personalisierten virtuellen Butler, der den

Lebensalltag einer älteren Frau unterstützt. Dabei werden mögliche Auswirkungen assistiver Technologien auf ältere Menschen veranschaulicht. Der Butler steuert nicht nur die Haustechnik, sondern dient als multimediale Kommunikationsplattform, verwaltet den persönlichen Terminkalender und organisiert das Fitness-Training.

Dass derartige Zukunftsszenarien auch im wissenschaftlichen Diskurs der sozialen Robotik rezipiert werden, zeigt das Buch *Your Virtual Butler* (Trapp, 2013). Forscher aus den Bereichen Robotik und Künstliche Intelligenz setzten sich aus ihrer jeweiligen Forschungsperspektive mit dem Zukunftsszenario *Tina und ihr Butler* auseinander. Dabei werden technische, psychologische und soziale Voraussetzungen und Lösungsansätze für ein derartiges Unterstützungssystem beschrieben.

Probleme ergeben sich in den beschriebenen Szenarien oft dann, wenn menschliche und technische Akteure unterschiedliche Vorstellungen, Erwartungen und Wahrnehmungen ihrer Lebensräume haben. Dadurch kommt es zu unterschiedlichen Interpretationen der Lebensräume, die in Konkurrenz zueinander stehen können. Zwar handeln die Personen und die Technologien an demselben physischen Ort, doch basieren deren Handlungen oft auf unterschiedlichen Wahrnehmungen dieser Räume. Soziale Roboter und intelligente Wohnumgebungen lernen durch über die Zeit akkumuliertes Benutzerverhalten auf die individuellen Gewohnheiten und Bedürfnisse der Bewohner zu reagieren. Auf Basis von Wahrscheinlichkeiten und Häufigkeiten werden Entscheidungen getroffen und Handlungen ausgeführt. Menschliches Handeln ist jedoch stark durch gegenseitiges Verständnis bestimmt. Lernende Systeme bleiben dabei für den Benutzer zu einem gewissen Grad undurchschaubar.

Wie ein Ausgangspunkt der Technikentwicklung mit Beteiligung von Künstlern und Science-Fiction-Autoren aussehen könnte, zeigen die von Christopher Lindinger und Martina Mara initiierten *Bot Time Stories*⁷. Es handelt sich dabei um zehn fiktionale Kurzgeschichten in einer möglichen Zukunft, die von je einem Robotik-Experten und einem Science-Fiction-Autor entwickelten wurden. Eine der Kurzgeschichten mit dem Titel *Home sweet home* entstand aus der Zusammenarbeit von Anja Rützel und Guy Hoffman (2015). Im Zentrum der Kurzgeschichte *Home sweet home* stehen die Beziehungen von Frank zu seiner automatisierten Wohnung, den robotischen Möbelstücken, verschiedenen Heimrobotern und seinem Hund. Das Szenario beschreibt

⁷ Quellen: <https://ars.electronica.art/futurelab/project/bot-time-stories/> [Zugriff: 16.07.2019]; nicht publiziertes Manuskript der Kurzgeschichte *Home sweet home* (Rützel & Hoffman, 2015).

anschaulich, welche sinnlichen-emotionalen Erlebnisse Roboter bieten und welche an Roboter delegierte Tätigkeiten Frank gerne wieder selbst ausführen möchte. Die beschriebenen „Anfassarbeiten“ reichen vom Abwaschen des Geschirrs, der händischen Reinigung des Teppichs bis zum Kraulen seines Hundes, das Frank zwischenzeitlich an einen Hundeschmus-Roboter delegiert hat. Am Ende der Kurzgeschichte bemerkt Franz, wie schön es sein könnte, sich wieder selbst um andere zu kümmern, statt nur selbst umsorgt zu werden.

Objekte als *programmable matter*

Schon heute werden Gebäude zunehmend durch bewegliche Elemente und ausgeklügelte Steuerungen erweitert. Saugroboter, smarte Lautsprecher oder automatisierte Beschattungssysteme sind einige dieser Technologien. Verschiedene Forschungsgruppen, darunter etwa *Claytronics* an der Carnegie Mellon University oder die *Tangible Media Group* des MIT Media Lab, entwickeln Konzepte und Prototypen für Materialien mit neuen Eigenschaften und Fähigkeiten. Durch die Verbindung der Bereiche Nanotechnologie, Robotik und Informatik sollen Objekte entstehen, die aus programmierbaren, intelligenten, möglichst kleinen Materialteilchen bestehen.

Wiederkehrende Elemente in dem Zukunftsszenario *Das bionische Haus* (Gaßner & Steinmüller, 2009) und der fiktionalen Kurzgeschichte *Home sweet home* (Rützel & Hoffman, 2015) sind sich dynamisch in Form, Funktion oder Eigenschaft verändernde Oberflächen, Materialien und Objekte: eine Gebäudehülle, die durch ein Kapillarsystem Regenwasser aufnimmt; wachsende und sich selbst heilende Wände; ein die gesamte Wohnfläche überspannender Bodenbelag, dessen flauschige Fasern sich an die Stimmung der Bewohner anpassen; ein Sofa, das sich in jede beliebige Form beulen kann.

In Ansätzen werden derartige Ideen bereits verwirklicht. Wie ein Prototyp eines beweglichen Sofa aussehen könnte zeigt Carlo Ratti mit der beweglichen Sitzlandschaft *Lift-Bit* (2016). Die wabenförmigen Module können dynamisch durch Handbewegungen oder über eine App in ihrer Höhe verändert werden und lassen sich so als Sessels, Chaiselongue, Bett oder in jeder andere beliebigen Form anordnen.



Lift-Bit (2016) von Carlo Ratti (Quelle: Carlo Ratti Associati)

Die Forschergruppe Claytronics an der Carnegie Mellon University entwickelte das Zukunftskonzept einer Art programmierbaren Materie (*Programmable Matter*). Die aus Claytronic Atomen (*Catoms*) bestehenden Objekte können - zumindest theoretisch - jede beliebige Form annehmen. Auf diese Weise wird Information eine greifbare und interaktive physische Form gegeben, die eine unmittelbare und erlebbare Rückkopplung zwischen digitaler und realer Umgebungen ermöglichen.

Cillia (2016) ist ein Projekt der Tangible Media Group in dem mittels neuartigem 3D-Druck Verfahren dichte und in ihren Eigenschaften programmierbare Haarstrukturen entwickelt wurden. Durch die Haare mit einer Auflösung von 50 Mikrometern lassen sich Oberflächen mit verschiedenen Funktionen generieren, die zugleich Sensoren und Aktoren sind. Neben verschiedenen haptischen Oberflächeneigenschaften können die fellartigen Oberflächen aneinander haften oder durch Vibration Objekte bewegen.



Cillia (2016): Programmierbare Haarstrukturen (Quelle: <https://tangible.media.mit.edu/project/cillia/> [Zugriff: 25.07.2019])

Die Zukunftsszenarien und die Kurzgeschichte *Home sweet home* zeigen, wie eng und auf welchen Ebenen Mensch, Technik und Lebensraum in einer möglichen Zukunft verwoben sein können. In der Robotik und KI haben sich unter anderem Forschungsgebiete zu den technischen, sozialen und ethischen Aspekten dieser Entwicklung gebildet. Die Veränderungen der räumlichen Strukturen der Wohn- und Lebensräume, die in den Zukunftsszenarien anschaulich beschrieben werden, finden allerdings wenig Beachtung.

Lebensräume als Dinge und Daten

*„... building a city from the internet up.“
(Williams, 2017)*

Sidewalk Labs, ein Tochterunternehmen von Alphabet Inc., verfolgt die zunehmende Vernetzung der Lebensräume in einem städtebaulichen Maßstab. Auf dem ca. 5 Hektar großen Stadtteil East Bayfront in Toronto entwickelt Sidewalk Labs das Projekt *Sidewalk Toronto*, dessen Gebäude und Infrastrukturen als Testumgebung und Vorbild für weitere Städtebauprojekte dienen sollen. Sidewalk Labs hat es sich um Ziel gesetzt durch technische Lösungen die Herausforderungen in Städten wie Mobilität, bezahlbares Wohnen, Warentransport, Energieverbrauch und soziale Integration zu lösen.



Geplante Bebauung des Projektes Sidewalk Toronto (Quelle: <https://sidewalklabs.com/> [Zugriff: 25.07.2019])

Bemerkenswert ist bei diesem Ansatz der Perspektivenwechsel, dem die Planung und Entwicklung von Städten und Gebäuden unterliegt: Nicht Technologien erweitern, vernetzen oder optimieren die gebaute Umgebung, sondern Räume, Gebäude und Städte werden entlang den Prinzipien der strukturierten Produktion von Daten organisiert und konstruiert. Die Vernetzung und der Austausch von Information bilden die Basis der Gebäude und Infrastrukturen. Geräte, Maschinen, Gebäude und Infrastruktur stehen in ständigem Informationsaustausch mit dem Ziel der Optimierung von Effizienz. Digitale Strukturen entstehen in physischen Lebensräumen, physische Lebensräume entstehen aus digitalen Strukturen, die sich nach den Leitlinien und Gesetzmäßigkeiten der Technik organisieren. Dieser Ansatz ermöglicht eine beschleunigte und systematische Durchdringung aller Lebensbereiche und Lebensräume mit vernetzten Technologien.

„ It [the smart city] is a dream of a built environment with embedded intelligence, of huge amounts of live data streams processed by algorithms that in turn feedback into the physical choreography of the city. [...] The social, physical, political, economic and environmental realms of the city will be (is) reframed by the ‚intelligence‘ generated by massive data harvesting and processing. “

(Jacob, 2018, p. 19)

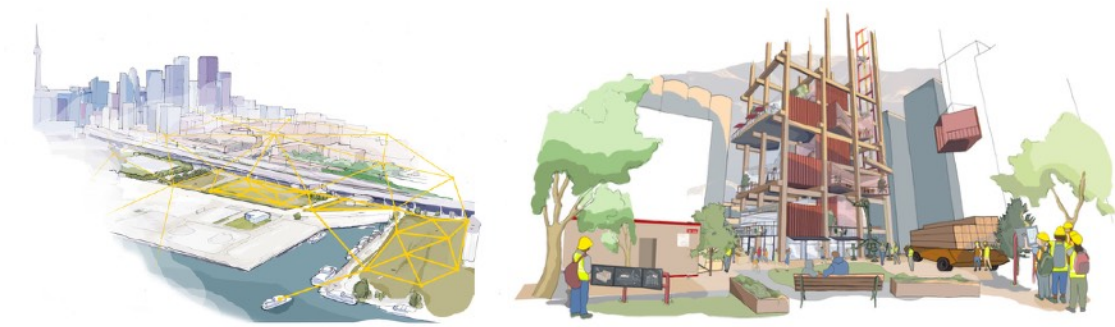


Vision einer städtischen Infrastruktur von Sidewalk Labs (Quelle: <https://sidewalklabs.com> [Zugriff: 25.07.2019])

„New technology can help, but people can't afford to wait for digital advances to transform the urban environment. [...] So we're creating a new type of place to accelerate urban innovation.“

(Sidewalk Labs, 2019)

Bezogen auf die Maßstabsebene von Gebäuden verfolgt Sidewalk Labs die Standardisierung und Vernetzung aller Geräte und Anwendungen. Ein wesentliches Problem besteht laut Kathy Farrington, Technical Program Manager bei Google, in der mangelnden Skalierbarkeit aktueller Gebäude und Geräte (Farrington, 2017). Aktuell würden Gebäude und Geräte als Einzelobjekte von Architekten und Ingenieuren geplant und gebaut werden. Durch Standardisierung entsteht eine Skalierbarkeit der Systeme, welche die Produktion strukturierter Daten und deren systematische Auswertung ermöglichen. In diesem Ansatz sind Gebäude und Bewohner Produzenten von Daten. Durch ein strukturiertes und vernetztes Internet der Dinge (*Internet of Things – IoT*) produzieren der tägliche Lebensraum und jegliche Aktivität des täglichen Lebens einen kontinuierlichen Datenstrom. Die Umsetzung dieses städtebaulichen Planung wird von Sidewalk Labs mit einer Verbesserung der Lebensqualität, Infrastruktur und einem geringeren Energieverbrauch begründet. Ob das propagierte übergeordnete Ziel der Reduktion des Energieverbrauchs von Gebäuden durch diesen Ansatz erreicht wird, sollte angesichts eines größeren Bedarfs an technischen Geräten, Wartungen, Instandhaltungen und Cloud-Datenspeicherung hinterfragt werden.



Sidewalk Labs Konzepte zur digitalen Infrastruktur und zu leistbarem Wohnen in Städten
(Quelle: <https://sidewalklabs.com> [Zugriff: 25.07.2019])

„When an appliance is sending a constant stream of data back to its maker, that company has continuous relationships with the owners of its products, and can find all sorts of ways to make money from those relationships.“

(Davidson, 2017)

Vielmehr stellt sich die Frage – wie es auch der Publizist und Historiker Gerd Koenen formuliert –, „ob unsere zukünftigen Lebensweisen in den Tech-Labs einer Handvoll Weltkonzerne ausgebrütet werden, allen voran von den Hyper-Monopolisten im Silicon Valley, die die Kulturtechniken des Internets in gigantische Abschöpfsysteme verwandelt haben und uns im nächsten Schritt gerne in die Wabenstrukturen ihrer ‚smarten‘ neuen Welten gebührenpflichtig einpassen möchten“ (Koenen, 2019, p. 47). Unter dieser Perspektive erscheinen Städte, Gebäude und Wohnungen vielmehr ein lukratives Geschäftsfeld von Technologie- und Dienstleistungsunternehmen zu sein, welche auf diese Weise Zugang zu jedem Detail des menschlichen Lebens erhalten.

5.13. Erste Zwischenbilanz zum Forschungsfeld der sozialen Robotik

Roboter sollen so sein, wie sie nie waren. Dieser Schluss liegt nahe, wenn man die normativen Zukunftsszenarien oder die Empfehlungen des EU-Parlaments zur Robotik mit den Rollenbildern von Robotern in der Mythologie, Literatur oder aktuellen Serien und Filmen vergleicht. Dass die Fiktion stets über den aktuellen Stand der Technik hinausdenkt und viele Szenarien noch utopisch anmuten, soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass zahlreiche Anwendungen real umsetzbar sind oder bereits umgesetzt werden.

Ab Ende des 20. Jahrhunderts erlebte die Massenverbreitung von Technik in Haushalten einen immer stärker werdenden Trend zur Beschleunigung. Technik hält auf diese Weise in immer mehr Produkte, Dienstleistungen und Orte des privaten Lebens Einzug. Diese Entwicklung wird aktiv von führenden Technologieunternehmen vorangetrieben. Sidewalk Labs, ein Tochterunternehmen von Alphabet Inc., entwickelt mit dem Projekt *Sidewalk Toronto* eine städtebauliche Testumgebung, die eine beschleunigte und systematische Durchdringung aller Lebensbereiche und Lebensräume mit vernetzten Technologien verfolgt.

Technische Fortschritte im Bereich der Robotik und der künstlichen Intelligenz bereiten den Weg zu konkreten Anwendungen in menschlichen Lebensräumen. Schon heute werden Gebäude zunehmend durch bewegliche Elemente und vernetzte Steuerungssysteme erweitert. Saugroboter, smarte Lautsprecher oder automatisierte Beschattungssysteme sind einige dieser Technologien. Der demografische Wandel in Form einer fortschreitenden Alterung der Gesellschaft bei gleichzeitigem Mangel an Pflegepersonal wirkt als treibende Kraft für die Entwicklung technischer Assistenzsysteme.

Viele potentielle Anwendungen der sozialen Robotik, zielen auf einen Einsatz in Wohnumgebungen ab. Die Vision eines multifunktionalen Haushaltsroboters, der eine Vielzahl an Hausarbeiten übernehmen kann, wird dennoch in naher Zukunft unerfüllt bleiben. Erste Anwendungen für soziale Roboter im Zuhause konzentrieren sich auf die Steuerung und Überwachung einer vernetzten Heimautomation sowie den Kommunikations-, Unterhaltungs- und Spielbereich. Abgesehen von Assistenzsystemen für ältere Menschen und spezifischen Tätigkeiten wie Staubsaugen fehlen jedoch klare Vorstellungen darüber, welche Aufgaben und Rollen soziale Roboter im Haushalt haben sollen.

Roboter haben je nach Kultur unterschiedliche Wurzeln und Traditionen. Die Interpretation, Einstellung und das Verhalten gegenüber Robotern scheint kulturellen Normen und Erwartungen zu folgen, allerdings keiner klar pro-östlichen und anti-westlichen Dichotomie. Interkulturelle Studien zu den Einstellungen gegenüber Robotern bestätigen die länder- und kulturspezifischen Vorlieben nicht eindeutig oder kommen zu teils unterschiedlichen Ergebnissen.

Ein zentraler Faktor der physischen und verhaltensorientierten Gestaltung sozialer Roboter ist die Übertragung menschlicher Formen, Eigenschaften, Verhaltensweisen auf

Nichtmenschliches (Anthropomorphismus). Im wissenschaftlichen Diskurs der Robotik gibt es unterschiedliche Auffassungen darüber, welcher Grad der Menschenähnlichkeit bei Robotern sinnvoll und zielführend ist. Ein gut gestaltetes Gesamtsystem aus Form, Verhaltensweisen und Interaktionsformen eines Roboters kann die Interaktion erleichtern, sollte aber den spezifischen Aufgaben eines Roboters entsprechen. Vielversprechend scheint daher ein Gleichgewicht der anthropomorphen Gestaltung und den Funktionen eines Roboters zu sein, um auf bestimmte und tatsächliche Fähigkeiten hinzuweisen, die den Aufgaben des Roboters und Erwartungen an den Roboter entsprechen.

Fiktionale Roboter in Filmen, Serien und anderen Medien zeichnen meist ein Rollenbild, das weder wünschenswert noch technisch in der Realität einlösbar ist. Dennoch lassen sich die in fiktionalen Darstellungen aufgeworfenen Fragen normativ auf die Entwicklung von Robotern zurückbeziehen. Welche Beziehung wollen wir zu Robotern haben und wer bestimmt deren Ziele? Welche Aufgaben – neben Sexrobotern und Soldaten – können Roboter zukünftige haben? Welchen rechtlichen Status sollen Roboter haben? Wie können wir vermeiden, unsere eigenen Vorurteile in künstliche Intelligenzen einzuschreiben?

6. Perspektiven auf die Entwicklung und Nutzung sozialer Roboter

Die Entwicklung sozialer Roboter bedingt eine Antizipation über deren Gebrauch. Der praktische Gebrauch eines Gerätes vollzieht sich jedoch unter Bedingungen, die während dessen Entwicklung nur eingeschränkt vorhergesehen und berücksichtigt werden können. Außerhalb von Laboren oder Testumgebungen sind soziale Roboter mit neuartigen Situationen und sich dynamisch verändernden sozialen und räumlichen Strukturen konfrontiert. In partizipativen Entwicklungsprozessen unter Einbeziehung potentieller Nutzer wird versucht, diese Diskrepanz zu überbrücken und Probleme, die sich daraus ergeben könnten, möglichst zu beheben. Für ein zukünftiges Zusammenspiel von Mensch, Technik und Gebäude haben Mennicken et al. (2014) drei Themenfelder mit folgenden Herausforderungen identifiziert:

- Entwicklung sinnvoller Technologien (*meaningful technologies*): Technologien sollten sich an übergeordneten Zielen und Werten der Bewohner orientieren. Anwendungen, die sich zu sehr an dem technisch Möglichen orientieren, laufen Gefahr, die Bandbreite möglicher zukünftiger Anwendungen einzuschränken.
- Komplexe Wohnräume (*complex domestic spaces*): Neben der räumlichen Komplexität des Zuhause unterscheiden sich Wohnräume zudem in der Anzahl der Bewohner und in deren unterschiedlichen Bedürfnissen. Zukünftige Technologien sollten daher eine Vielzahl an möglichen Lösungen bereithalten, um sich an verschiedene Personen, Lebensformen und sich verändernde Bedürfnisse anpassen zu lassen. Möglichkeiten zur iterativen und schrittweisen Integration neuer Technologien und Geräte ist dafür hilfreich.
- Mensch-Heim Kollaboration (*human-home collaboration*): Eine Mensch-Heim Kollaboration beginnt mit einem gegenseitigem Verständnis über die jeweiligen Fähigkeiten. Kollaboration statt reiner Kontrolle oder vollständiger Automation kann verhindern, das gesamte häusliche Leben zu rationalisieren. Gegenseitiges Verständnis und Kollaboration ist insbesondere dann wichtig, wenn Interessenkonflikte zwischen den Bewohnern und der Technik auftreten.

Aufgrund der räumlichen und funktionalen Nähe sozialer Roboter zu Geräten der Heimautomation lassen sich die beschriebenen Herausforderungen auch auf die

Entwicklung sozialer Roboter anwenden. Je vielfältiger jedoch die Funktionalität technischer Objekte wird, desto größer kann die Diskrepanz zwischen intendierter und tatsächlicher Nutzung sein. Dies gilt insbesondere dann, wenn die tatsächliche Nutzung als eine Art offenes Konzept entwickelt wird, das eine Vielzahl möglicher Verwendungen zulässt und unterstützt. Nutzer wissen beispielsweise nicht über eine bestimmte Funktionalität eines Gerätes Bescheid oder verwenden Geräte alternativ zu einer von Entwicklern intendierten Weise. Oftmals vollziehen sich bestimmte Nutzungsweisen erst im Gebrauch einer Technik. Auch kann die Nutzung von Technik wiederum zu neuen Bedarfslagen führen (Biniok, 2016). Aufgrund dieser Verschränkung kann die Technikentwicklung und Techniknutzung in der Praxis nicht klar getrennt werden.

Ein Beispiel der Verzahnung von Entwicklung und Nutzung ist die kontinuierlichen Weiterentwicklung von bereits veröffentlichter Software in Form von Updates. Die Weiterentwicklung erfolgt oft auch anhand von Nutzerdaten, die eine Software – meist mit dem Einverständnis der Nutzer – während dessen Gebrauch erhebt und an die Entwickler zurückmeldet. Auch der Begriff *perpetual beta* beschreibt, dass Software in Entwicklungszyklen entwickelt wird und sich somit in einem immerwährenden Entwicklungszustand befindet, der keinen Endzustand erreicht. Zunehmend wird auch Software als Beta-Version für bestimmte Nutzer zu Testzwecken veröffentlicht, um mögliche Fehler, die erst in der Praxis auftreten, zu erkennen und im nächsten Update zu beheben.

6.1. Habitat, Domestizierung und Anpassung

James Auger fragt: „Why are robots not becoming domestic products?“ (Auger, 2014, p. 20). Als mögliche Antwort stellt er die Hypothese auf, dass die Mehrheit der aktuellen Roboter fehlangepasst an die alltäglichen Lebensräume sind, für die sie entwickelt wurden.

„The majority of proposed domestic robots are essentially maladapted to everyday life.“

(Auger, 2014, p. 20)

Menschliche Wohnumgebungen – so argumentiert Auger – sind ein Habitat, an das Roboter angepasst werden müssten. Diesen Vorgang beschreibt er mithilfe eines ökologischen Ansatzes metaphorisch als Domestizierung von Roboter. Der Begriff der

Domestizierung bezeichnet ursprünglich die Zähmung eines Wildtieres, etwa vom Wölfen, die in Form von Hunden zu Haustieren wurden. In Bezug auf neue Technologien bezeichnet der Begriff der Domestizierung die Integration in die Strukturen, Tagesabläufe und Werte der Nutzer und ihrer Umgebung (Berker, 2006). Durch ein Verständnis der komplexen Regeln und Bedingungen des häuslichen Alltags wird es möglich, die offensichtliche Diskrepanz zu verstehen zwischen dem Versprechen aktueller Roboter – etwa in Science Fiction, Forschungslaboren oder Technologiemesen – und dem, was heute tatsächlich der Öffentlichkeit zugänglich ist (Auger, 2014).

Durch eine Analyse des häuslichen Habitats und eine entsprechende Anpassung von Robotern auf der Ebene der Form, Funktion und Interaktion könnten gänzlich neue Roboterkonzepte entstehen, die weniger mit den gängigen Vorstellungen und Erwartungen an Roboter gemein haben, jedoch der Komplexität von Objekten in Haushalten und dem alltäglichen Leben gerecht werden. Der ebenfalls aus der Biologie entlehnte Begriff der Anpassung verweist auf den evolutionären Prozess, durch den ein Organismus besser in der Lage ist in seinem Lebensraum zu leben. Auger beschreibt den Begriff der Anpassung als hilfreich im Zusammenhang mit Robotern, wodurch die dynamische Beziehung und zeitlich andauernde Entwicklung eines Organismus mit seiner Umgebung deutlich wird.

„Adaptation means that the organism has a historical lineage in the given habitat. Robots in their current guises have no such lineage in the home. This raises the question of how do robots evolve? What are they currently being adapted to? And how might a lineage start in the domestic habitat? (Auger, 2014, p. 24)

Bei der Entwicklung sozialer Roboter für Wohnumgebungen ist daher eine Anpassung der Roboter an das Zuhause erforderlich. Diesen Prozess der Anpassung teilt James Auger (2014) in drei Themenbereiche: funktionale Anpassung (was Roboter tun), Anpassung der Form (wie Roboter aussehen) und Anpassung der Interaktion (wie wir mit Robotern interagieren). In der Praxis ist es eine komplexe Kombination dieser drei Elemente, durch die Gegenstände in Haushalten ihre Existenzberechtigung – *raison d'être* – erlangen.

Was Roboter tun: Funktionale Anpassung

„For robots to establish a genuine niche in the home, it would be judicious to base the function on what the underlying technology excels at, not to simply replicate existing occupants such as pets or to blindly follow the stereotypical roles formed by years of depictions in popular culture.“
(Auger, 2014, p. 25)

In Anlehnung an einen Begriff aus der Biologie, ist es für die Entwicklung von Robotern für das Zuhause wesentlich, eine *Nische* zu besetzen. Alle Produkte des Zuhauses besetzen auf unterschiedlichen Ebenen eine Nische, von nützlichen Funktionen etwa bei Haushaltsgeräten bis hin zu komplexeren Mischungen aus Ästhetik und emotionalen Werten, wie etwa die Zitronensaftpresse *Juicy Salif* von Philippe Starck (Auger, 2014). Wenn Roboter in dem was sie tun sich in die Nähe der Nische bereits bestehender funktionaler Haushaltsgeräte begeben, werden sie nach dem Kosten-Nutzen-Verhältnis bewertet. Diese Nische bietet jedoch wenig Platz, denn viele der routinemäßigen Tätigkeiten werden zu einem überwiegendem Teil bereits von bestehenden Haushaltsgeräten abgedeckt. Die notwendige mechanische Komplexität zur Erledigung der verbleibenden Haushaltsaufgaben (z.B. Hemden falten oder Geschirrspüler entleeren) macht es unwahrscheinlich, dass in naher Zukunft die Vorteile die Kosten überwiegen werden (Auger, 2014). Dennoch bleibt die Zeit- und Arbeitersparnis eine der häufigsten Argumente für potentielle Haushaltsroboter.

Wie Roboter aussehen: Anpassung der Form

„Fictional heritage continues to influence the form of many robots. The stereotypical robot has such a secure place in our fictional futures that [...] real function can be overlooked, and without a clear function, designing an appropriate form is impossible.“
(Auger, 2014, p. 25)

In Anlehnung an den Designleitsatz *form follows function* beschreibt Auger das Design aktueller Roboter für das Zuhause mit *form follows fiction* (Auger, 2014). Er meint damit, dass – ähnlich der funktionalen Anpassung – diejenigen, die Robotern derzeit gestalten, in der Regel stärker von historisch-fiktionalen Darstellungen beeinflusst sind, als von den Stilen heutiger häuslicher Lebensräume. Auger fordert daher eine Produktgestaltung, die Roboter an die häusliche Umgebung anpasst und einen klaren funktionalen Zwecks besitzt (Auger, 2014). Dadurch würden Roboter mit ganz

unterschiedlichen Formen entstehen, die jedoch in einer Beziehung mit dem zeitgenössischen Zuhause und den dort lebenden Menschen steht und weniger mit den Vorstellungen fiktionaler Roboter.

Wie wir mit Robotern interagieren: Anpassung der Interaktion

„To develop a meaningful interaction between humans and robots it is imperative to first know its function and the context in which the interaction is taking place, otherwise the event is simply a showcase.“
(Auger, 2014, p. 25)

Im Abschnitt zur *Mensch-Roboter-Interaktion* wurde bereits ausführlich auf Ansätze der Interaktion mit sozialen Robotern (menschzentrierter und roboterzentrierter Ansatz), sowie auf unterschiedliche Paradigmen in der Beziehung von Mensch und Roboter eingegangen. Viele der Interaktionen mit aktuellen sozialen Robotern funktionieren fast ausschließlich unter den hochgradig künstlichen Bedingungen in Laboren, Testumgebungen oder inszenierten Vorführungen (Auger, 2014). Diese Interaktionen neigen dazu, die komplexe Realität menschlicher Interaktion zu umschiffen.

An dieser Stelle sei nochmals auf das nach meiner Ansicht nach wesentliche gegenseitige *Verständnis* von Mensch und Roboter hingewiesen. Hierfür sollten Roboter sowohl in der Lage sein, menschliche Absichten und Handlungen zu erfassen und sinnvoll zu interpretieren, als auch ihre Handlungen und programmierten oder erlernten *Ziele* dem Menschen kommunizieren (Sciutti et al., 2018). Wie Sciutti et al. ausführen ist es dazu notwendig, dass Roboter zu genauen Beobachtern menschlicher Verhaltensweisen und Interaktionsformen werden und dadurch zu rücksichtsvollen Akteuren in der Mensch-Roboter-Interaktion.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei genauerer Betrachtung die Vorstellungen und Erwartungen darüber, welche Form und Funktion Roboter haben und wie wir mit Robotern interagieren, einer sinnhaften und erfolgreichen Entwicklung sozialer Roboter für das Zuhause mehr entgegen stehen, als dafür hilfreich zu sein. Es bedarf einer abgestimmten Kombination der sich wechselseitig beeinflussenden Aspekte der Funktion, Form und Interaktion, um den Übergang von Laboren in den häuslichen Alltag zu vollziehen.

6.2. Bedarf und Akzeptanz

Die Einbettung von sozialen Robotern und Assistenzsystemen in den Lebensalltag erfordert eine Technikentwicklung, die sich neben Effizienz und Rationalität auch an vorherrschenden technologischen Paradigmen, soziotechnischen Regimes, Diskursen und Gesellschaftsbildern orientiert (Biniok, 2016). Ein an Defiziten orientiertes Assistenzsystem kann – je nach Gestaltung – immer wieder an die eigenen Einschränkungen erinnern, bevormundend wirken und den Abbau von Kompetenzen begünstigen (Welge et al., 2016). Auch ein Unterstützungssystem, das implizit negativ konnotierte Altersbilder bedient, führt möglicherweise zur Ablehnung eines technisch einwandfrei funktionierenden Systems.

„Wie kann Assistenz den Alltag bereichern und ihre Benutzer befähigen, statt bloß bestehende Defizite auszugleichen?“

(Welge et al., 2016, p. 590)

Die Erhebung bestimmter Bedarfslagen potentieller Nutzer stellt oftmals die Ausgangslage zur Entwicklung technischer Unterstützungssysteme dar. Dazu werden beispielsweise die Aktivitäten des täglichen Lebens einer bestimmten Personengruppe - etwa von Personen mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen - analysiert und daraus eine Bedarfslage für ein bestimmtes Unterstützungssystem erstellt. Der Zusammenhang zwischen Bedarf und Akzeptanz ist jedoch weniger kausal als es scheint. Technische Unterstützungssysteme treten in ein zunehmend engeres Austausch- und Wechselwirkungsverhältnis mit ihren Nutzern (Biniok, 2016). Die Bestimmung isolierter Bedarfslagen läuft daher Gefahr, den komplexen Referenzrahmen technischer Unterstützungssysteme zu übersehen. Eine erfolgreiche technische Lösung eines Bedürfnisses führt nicht automatisch zu deren Akzeptanz. Akzeptanz setzt vielmehr eine erfolgreiche Einbettung in den Lebensalltag voraus.

„Akzeptanz heißt dabei aber nicht, den Wünschen und Bedürfnisse der Nutzer lediglich zu folgen. Vielmehr ist es notwendig, gemeinsam eine Zukunft zu kreieren und darüber zu sprechen, ob diese erstrebenswert wäre.“

(Welge et al., 2016, p. 597)

In Bezug auf die Akzeptanz und die Einstellung zu technischen Systemen spielen der kulturelle Kontext und gesellschaftliche Normen eine wesentliche Rolle. Eine repräsentative Umfrage unter 27 Ländern in Europa zeigt, dass die Skepsis der

Bevölkerung gegenüber Robotern steigt. Eine Analyse von Eurobarometer-Daten ergibt, dass Roboter 2017 deutlich negativer beurteilt werden als noch fünf Jahre zuvor (Gnambs & Appel, 2019). Während Roboter zwar potenziell als eine nützliche Technologie gesehen werden, zeigt die Studie, dass je konkreter die Anwendungen von Robotern etwa in der Altenpflege oder am Arbeitsplatz werden, desto negativer fällt die Einstellung zu dieser Technologie aus.

„Jede Form der Assistenz verändert nicht nur die benötigten Fertigkeiten und das benötigte Wissen zum Ausüben einer alltäglichen Praktik, sondern auch deren Bedeutung für den Ausübenden.“

(Welge et al., 2016, p. 590)

Ökonomische Innovationsprinzipien wie Effizienzsteigerung sind nicht alleiniger Maßstab assistiver Technologien. Neben funktionalem Fortschritt wird auch ein neuer sozialer und kultureller Kontext geschaffen, der wiederum Auswirkungen auf die Wahrnehmung, Struktur und Aktivität in privaten Lebensräumen hat. Insbesondere soziale Roboter sind keine neutralen Objekte, die nach rein mechanisch-technologischen Prinzipien agieren. In der Konzeptions-, Design- und Entwicklungsphasen sind diesen Technologien bereits Vorstellungen, Funktionalitäten und implizite Handlungsanweisungen der beteiligten Akteure eingeschrieben (Biniok, 2016). Darüber hinaus zeigen sich „differierende soziale Interessenlagen und konfligierende Orientierungen“, die sich insbesondere in Situationen des praktischen Umgangs realisieren und beobachten lassen (Rammert & Schubert, 2017). Soziale Roboter transportieren daher stets ökonomische Interessen, Machtstrukturen und soziale Praktiken. Damit technische Unterstützungssysteme die Lebensqualität tatsächlich verbessern, sollte die Technikentwicklung partizipativ und disziplinenübergreifend erfolgen (Biniok, 2016).

6.3. Künstlerische Ansätze zur Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion

„Design has the potential to identify research directions that are ‘orthogonal’ to the original research aims and more closely related to everyday life.“

(Auger, 2014, p. 39)

In diesem Kapitel werden künstlerisch Ansätze und Perspektiven vorgestellt, die sich speziell mit der Interaktion von Technik, Menschen und sozialen Räumen auseinandersetzen. Die Projekte stammen aus den Bereichen des *speculative design* und *critical design* und hinterfragen stereotypische Vorstellungen über Roboter. Hierfür identifiziert Anthony Dunne (2005, p. 147), Autor von *Herzian tales*, folgende wesentliche Elemente:

- „Going beyond optimization to explore critical and aesthetic roles for electronic products,
- using estrangement to open the space between people and electronic products to discussion and criticism,
- designing alternative functions to draw attention to legal, cultural, and social rules,
- exploiting the unique narrative possibilities offered by electronic products,
- raising awareness of the electromagnetic qualities of our environment,
- developing forms of engagement that avoid being didactic and utopian.“

Gemeinsam ist diesen alternativen Design- und Denkansätzen, dass sie die Rahmenbedingungen normativer Designprozesse, wie etwa Funktionalität oder kommerzielle Verwertung zurückstellen, um so neue Perspektiven für die technologische Forschung und Entwicklung zu eröffnen.

„Successful designers also have a mastery of us. They move beyond generic notions of the user and simplistic notions of function to understand and embrace the genuine complexity and transience of human needs and desires and fundamentally how an object or organism can be designed or adapted to satisfy them.“

(Auger, 2014, p. 23)

Ähnlich argumentiert Hoffman, der mehr Künstler in der Entwicklung sozialer Roboter fordert:

„Artists are crucial for technology development because they are uniquely positioned to simplify complex ideas and concretize them. [...] Design is a front-loaded activity that studies human behavior and works in artful ways to combine elements of history, aesthetics, ethics, psychology, and

engineering to create products we want to use.“
(Hoffman, 2019)

Im Spannungsfeld von Robotik, Kunst und Technologie eröffnen die folgenden Projekte neue mögliche Perspektiven auf die Fragestellungen, was Roboter tun, wie Roboter aussehen und wie wir mit Robotern interagieren könnten. Dadurch wird Design zu einem kritischen Medium, um kulturelle, soziale und ethische Auswirkungen von Technologie zu reflektieren. Im Anschluss werden aus diesen Projekten wesentliche Aspekte für die Entwicklung und Gestaltung sozialer Roboter für das Zuhause abgeleitet.

Wechsel der Perspektive

Wie erfassen technische Systeme ihre Umgebung? Auf welchen Bildern und Informationen basieren deren Handlungen? Die Künstlergruppe *moovel lab* geht diesen Fragen in ihrem Projekt *Who Wants to Be a Self-Driving Car?* nach. Sie entwickelten ein Fahrzeug, um die Technologie selbstfahrender Autos aus einer menschlichen Sicht zu erforschen. In einem Virtual-Reality-Headset wurde der steuernden Person in Echtzeit die Informationen aus den Sensoren angezeigt. Die Testpersonen konnten dadurch die Umgebung durch die Sensoren, die in selbstfahrenden Autos verbaut sind, wahrnehmen und Entscheidungen basierend auf den eingeblendeten Daten, Wahrscheinlichkeiten und Statistiken treffen. Mithilfe dieses technisch visuellen Wahrnehmungsfilters sollten Personen ein Stück weit die Erfahrung machen, wie technische Systeme ihre Umgebung erfassen.



Sensoren und Ausstattung des Fahrzeugs (Quelle: <https://selfdriving.moovellab.com>
[Zugriff: 25.07.2019])



Fahrzeug und Anzeige des Virtual-Reality-Headsets (Quelle: <https://selfdriving.moovellab.com>
[Zugriff: 25.07.2019])

Verteilte Affordanzen

Viele Gegenstände des häuslichen Alltags zeigen uns an, was wir mit ihnen tun können oder wie wir uns zu verhalten haben. Bei den meisten dieser Gegenstände in Wohnräumen sind wir uns dessen nicht mehr bewusst, da sie uns als selbstverständlich erscheinen: Lichtschalter, Türklinke, Stuhl und Tisch, Bett oder Couch. Sie haben einen physischen, logischen oder kulturellen Angebotscharakter, auch Affordanz genannt. Gibson, der den Begriff geprägt hat, beschreibt Affordanz als

*„... something that refers to both the environment and the animal. [...] It implies the complementarity of the animal and the environment“
(Gibson, 1979, p. 127)*

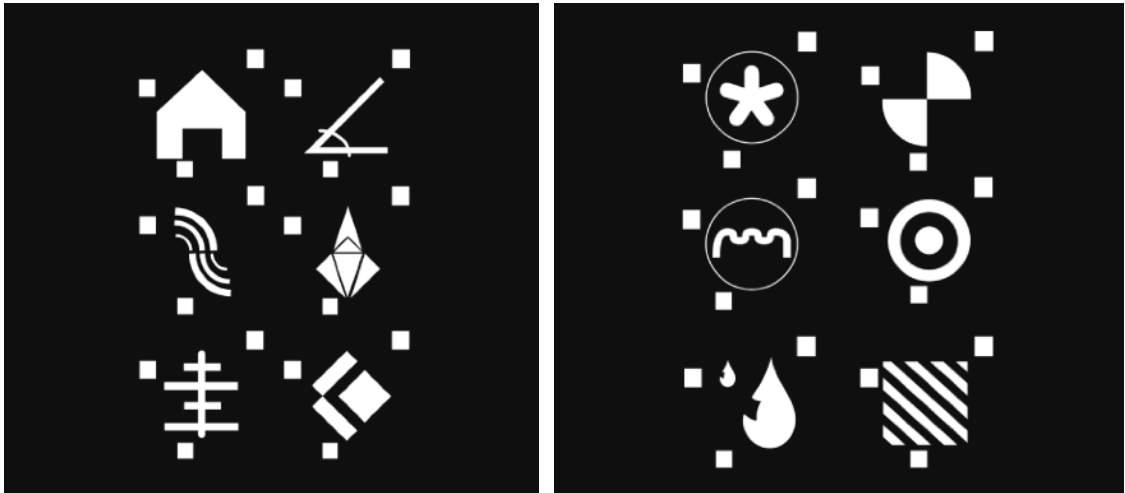
Insbesondere Wohnumgebungen und deren Objekte sind an die Größe, Form und Handhabbarkeit des Menschen angepasst. Eine gängige Praxis in der Entwicklung von Robotern ist es daher, sie entlang dieser Dimensionen zu entwickeln und an bestehende Objekte, Räume, Strukturen und Abläufe anzupassen. Der Künstler Diego Trujillo-Pisanty nähert sich dem Thema aus einer alternativen Perspektive und untersucht, wie sich Wohnumgebungen und Objekte verändern könnten, um den Anforderungen von Robotern gerecht zu werden. Mit dem Projekt *With Robots* beschäftigt sich Trujillo-Pisanty damit, wie Objekte des Alltags an Haushaltsroboter angepasst werden könnten (2011). Welche Kompromisse sind wir bereit einzugehen, um Roboter in unserem Zuhause zu haben? Welche Zeichen und Anpassungen könnten Roboter es erleichtern Aufgaben in Wohnumgebungen auszuführen?



With Robots (2011) Diego Trujillo-Pisanty: Küchenschrank mit Markierungen für die Positionierung von Tassen mit speziellen Griffen (Quelle: <http://trujillodiego.com/work/withrobots.html/> [Zugriff: 25.07.2019])

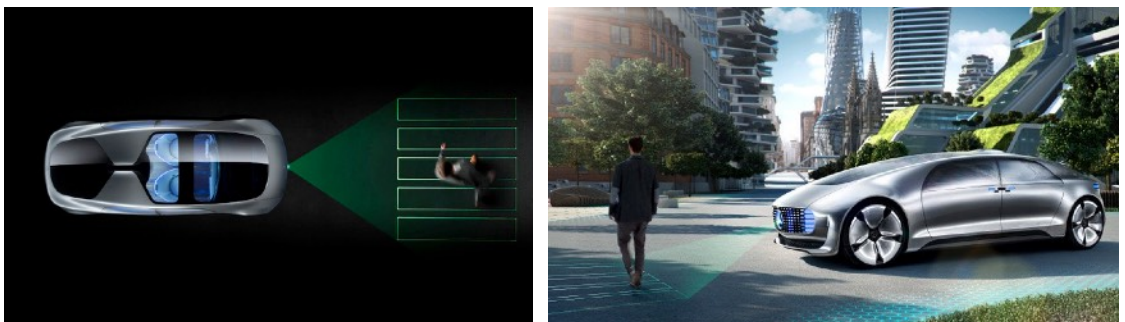
Jeder Wohnraum ist unterschiedlich, nicht nur in der architektonischen Gestaltung, sondern auch in den Aufgaben, die Roboter dort ausführen sollen. Um den Lernprozess von Robotern zu unterstützen, entwickelt Trujillo-Pisanty Symbole, die sowohl für Menschen als auch für Roboter verständlich sind. Durch das Anbringen dieser Symbole werden Objekte und Räume zu programmierbaren Elementen, welche die Integration

von Robotern in Wohnumgebungen unterstützen könnten. Affordanzen ermöglichen einen direkten Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und Handlung. Sind Affordanzen versteckt oder falsch, kann dies zu Fehlern oder Missverständnissen führen.



Symbole um Robotern die Positionierung und Handhabung von Objekten zu erleichtern (Quelle: <https://www.dezeen.com/2011/08/12/with-robots-by-diego-trujillo-pisanty/> [Zugriff: 25.07.2019])

Symbolische Markierungen in Form von Zeichen und Schildern sind gelernte und eingeübte Praxis. Ampeln, Bodenmarkierungen und Verkehrsschilder leiten den Verkehr. Schilder in öffentlichen Räumen weisen darauf hin, wo wir gehen, fahren, rauchen oder essen dürfen oder es unterlassen sollten. Wie Affordanzen im öffentlichen Raum, etwa im Straßenverkehr, zukünftig aussehen könnte, zeigt ein Vorschlag für das Forschungsfahrzeug F 015 von Mercedes-Benz.

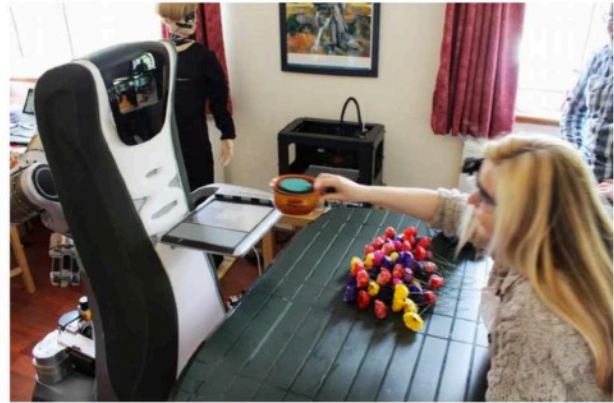


Das Forschungsfahrzeug F 015 von Mercedes erkennt einen Fußgänger und projiziert einen Zebrastrifen auf die Straße (Quelle: <https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/innovation/forschungsfahrzeug-f-015-luxury-in-motion/>)

Das autonom fahrende Auto soll nicht nur mit den Personen innerhalb des Fahrzeuges kommunizieren, sondern auch mit anderen Verkehrsteilnehmern. Um einem Fußgänger zu signalisieren, dass er erkannt wurde, projiziert das Fahrzeug einen Zebrastrifen auf die Straße. Durch die Interaktion von Technik und Mensch wird ein temporärer Interaktionsraum geschaffen. Neben der praktischen Umsetzung wirft dieses Beispiel unmittelbar Fragen zur Macht und Kontrolle über die Herstellung dieses Interaktionsraumes auf. Wer projiziert den Zebrastrifen? Nach welchen Regeln wird der Schutzraum konstituiert und für wen? Wer bestimmt den Zeitraum für den der sichere Raum aufrechterhalten wird? Sollten Fußgänger jederzeit einen Zebrastrifen auf die Straße projizieren können?

Atmosphärische Aspekte des Lebens mit Robotern

In einem „Kohabitations-Experiment“ lebten zwei Künstler – Anna Dumitriu and Alex May – eine Woche lang im *University of Hertfordshire Robot House* in einer Wohnung, die mit vier verschiedenen Assistenzrobotern ausgestattet war (Lehmann et al., 2013). Die Wohnung war neben den Robotern mit zahlreichen Sensoren ausgestattet, um die Aktivitäten der Bewohner aufzuzeichnen. Das primäre Ziel der Forscher war es, die Auswirkungen einer kontinuierlichen einwöchigen Exposition mit Robotern und einer mit Sensoren ausgestatteten Umgebung auf den Menschen qualitativ zu untersuchen. Während der einwöchigen Kohabitation wurden mit den Teilnehmern verschiedene explorative Experimente durchgeführt. Getestet wurden etwa die Blickverfolgung während sozialer Interaktionen mit einem Roboter, der Ausdruck nonverbaler Hinweise als Indikator für beabsichtigte Handlungen, und die Aufzeichnung der täglichen Abläufe und Verhaltensmustern durch Sensoren in der Wohnung.



Grundriss des University of Hertfordshire Robot House (links) und Experiment zur Interaktion mit dem Care-O-Bot Roboter (rechts) (Lehmann et al., 2013, p. 405)

Neben Erkenntnissen zur Interaktion mit Robotern brachte das Experiment atmosphärische Aspekte der räumlich nahen und zeitlich kontinuierlichen Exposition der Teilnehmer mit den Robotern auf. Die beiden Künstler gaben an, dass die ständigen Bewegungen der Roboter Lärm erzeugten (Lehmann et al., 2013). Die Teilnehmer berichteten zudem über störende Ladegeräusche eines Roboters in der Nacht. Sollen sich Roboter bewegen, wenn sie gerade nicht aktiv sind oder wenn sie in einer Art Standby sind? Das Experiment zeigt, dass eine kontinuierliche räumliche Nähe mit Robotern zu einer stärkeren Sensibilität gegenüber den Geräuschen, Licht- und Tonsignalen von Robotern führen kann, insbesondere in den Situationen der Ruhe und Entspannung.

Bemerkenswertes Detail der Studie war, dass die Teilnehmer das Verhältnis der Roboter und der Forscher als eine Symbiose beschrieben. Es sei für sie schwierig gewesen, die Roboter von den mit ihnen arbeitenden Forschern zu trennen.

„The robots and researchers were in symbiosis, and the researchers appeared more like puppeteers. [...] Seeing the dependence of the technology on the human work was, according to the participants, a very valuable experience.“

(Lehmann et al., 2013, p. 409)

Dass die Geräusche eines Roboters auch gezielt eingesetzt werden können, zeigt ein erlebnisorientierter Gestaltungsansatz zum morgendlichen Wecken durch einen sozialen Roboter (Welge et al., 2016). Am Beispiel des morgendlichen Weckens einer Person

wurden unterschiedliche technisch unterstützte Aufsteh-Erlebnisse prototypisch entwickelt und getestet. Bei einer Art des Weckens verursachte der Roboter zur vereinbarten Zeit Umgebungsgeräusche außerhalb des Schlafzimmers. Das Erzeugen einer Geräuschkulisse ist der Anwesenheit einer Person im Nachbarraum nachempfunden. Das als *ambientes* Wecken bezeichnete Erlebnis simuliert eine Teilhabe durch das Mithören von Gesprächen oder anderen sozialen Aktionen im Hintergrund oder Nebenraum.



Eine Person wird von den Geräuschen des Roboters aus dem Nebenraum geweckt (Welge et al., 2016, p. 595)

Konstitution eines Raummodells durch Interaktion

Die Unterschiede menschlicher und technischer Wahrnehmungssysteme bilden den Ausgangspunkt des Projektes *Raum-Spiel* der Forschungsgruppe H.A.U.S. (Schürer, Stangl, Müller & Hubatschke, 2017). Der Begriff des *Raum-Spiels* wurde in Anlehnung an das philosophische Sprachspiel (Wittgenstein, 2003) gewählt, das davon ausgeht, dass jede sprachliche Äußerung im menschlichen Leben verwurzelt ist. Das *Raum-Spiel* nützt diesen Zusammenhang sprachlicher Äußerungen und Praktiken für die Konstitution eines kulturellen Raummodells im Dialog.

Technische Wahrnehmungssysteme erfassen Raum in Zahlen, Geometrien und Bildern. Für Menschen ist Raum jedoch weniger durch technisch-abstrakte Größen bestimmt, als vielmehr durch persönliche Erfahrungen, Assoziationen und Gewohnheiten. Aufgrund dieser grundsätzlichen Andersartigkeit können technische Systeme wie etwa soziale Roboter keinen Anteil am menschlichen Wahrnehmungsraum nehmen.

Im *Raum-Spiel* entsteht durch die Verbindung menschlicher und technischer Wahrnehmungssysteme ein gemeinsam erzeugtes, hybrides Bedeutungsmodells von Raum, das auf der Interaktion zwischen Mensch und Roboter basiert. Durch das Sammeln und miteinander Verknüpfen vieler verorteter Bedeutungen entsteht ein

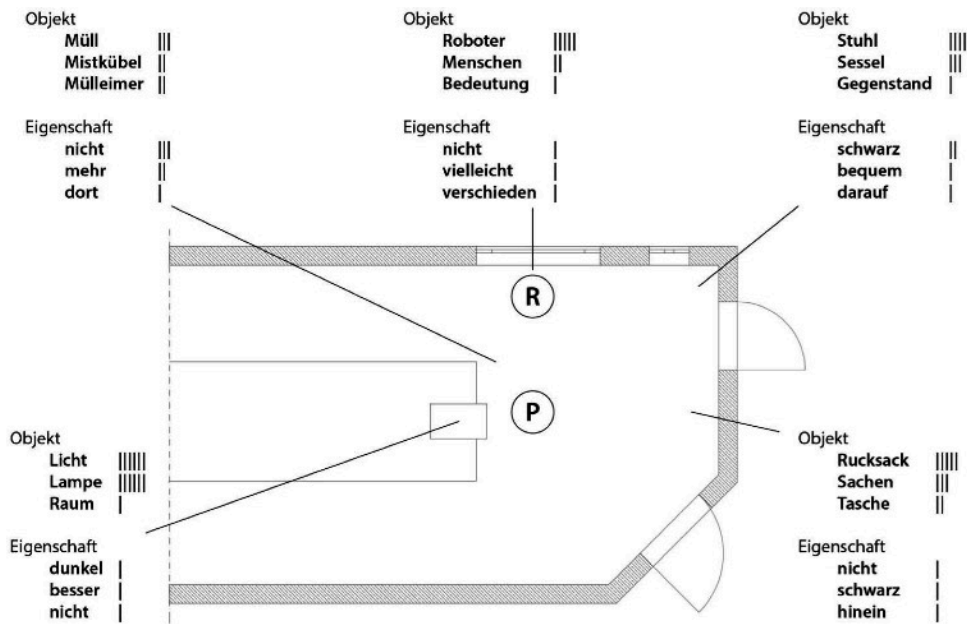
Raummodell, das im Zusammenwirken von Mensch und Roboter durch sprachliche Interaktion erzeugt wird. Dadurch soll insbesondere der für Menschen relevante kulturelle Bedeutungskontext von Objekten und Räumen in das Bild technischer Systeme von ihrer Umgebung eingebunden werden.



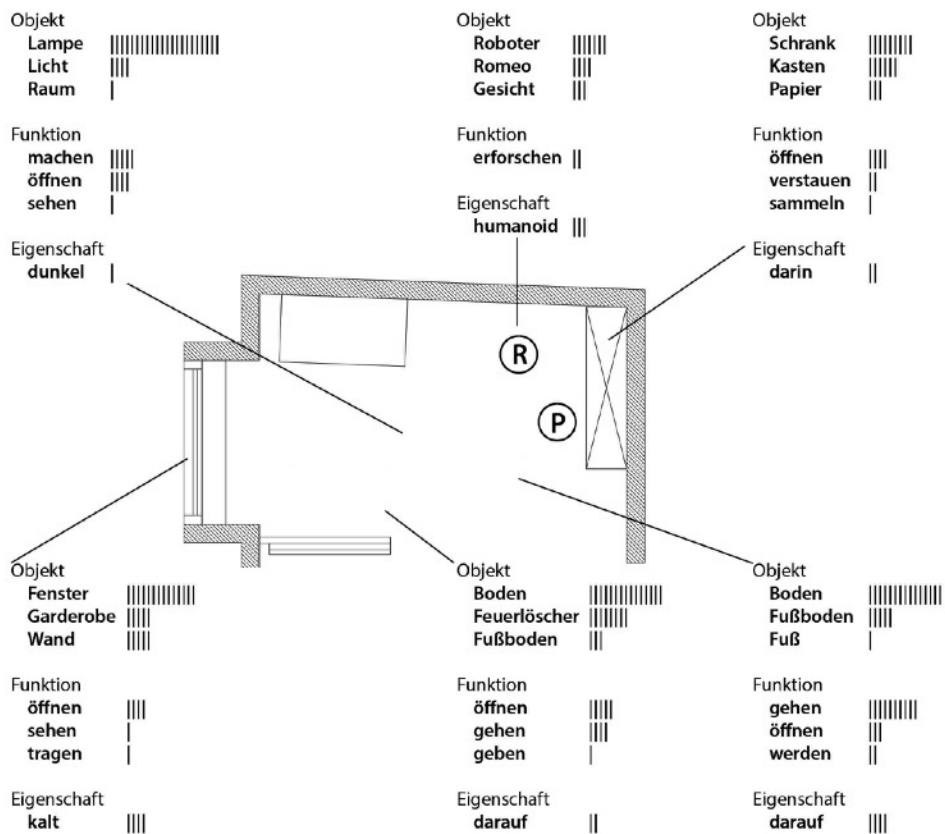
Experimentelles Setting des Raum-Spiels mit dem Roboter Romeo bei der „Langen Nacht der Roboter“ an der TU Wien (links) und dem Roboter Pepper (rechts) Quelle: (Schürer, Stangl, Hubatschke & Müller, 2018)

Ein Prototyp des *Raum-Spiels* wurde mit den humanoiden Robotern Romeo (Aldebaran) und Pepper (Softbank) entwickelt und umgesetzt. Die Fähigkeiten der humanoiden Roboter zur sprachlichen Interaktion wird als Ansatz zur Datenerfassung verwendet. In einem Frage-Antwort Dialog mit einer Person speichert der Roboter verbale Informationen über seine Umgebung. Dazu deutet der Roboter auf ein Objekt des Raumes und stellt Fragen zu dem Namen, der Funktion und persönlichen Bedeutung des jeweiligen Objektes oder Bereiches des Raums. Die Antworten der BesucherInnen werden durch ein maschinelle Lernsystem aufgezeichnet und mit der Zeigerichtung relativ zur Position des Roboters räumlich verortet. Das kulturelle Raummodell entsteht indem Bedeutungen von Objekten durch sprachliche Interaktion vom Roboter erfragt und durch Algorithmen des maschinellen Lernens verknüpft werden. Durch diese natürlich-sprachliche Mensch-Roboter-Interaktionen entsteht eine Konstitution von Raum durch die Interaktion von Mensch und Roboter.

Die beiden Grundrisse zeigen eine Darstellung des kulturellen Raummodells, das im *Raum-Spiel* des Roboters mit mehreren Personen generiert wurde. Verortet sind die Lage der abgefragten Objekte, die Position des Roboters (R) und die Position des Interviewpartners (P). Die Balken weisen die jeweilige Häufigkeit der Wörter in der Beschreibung der Objekte aus.



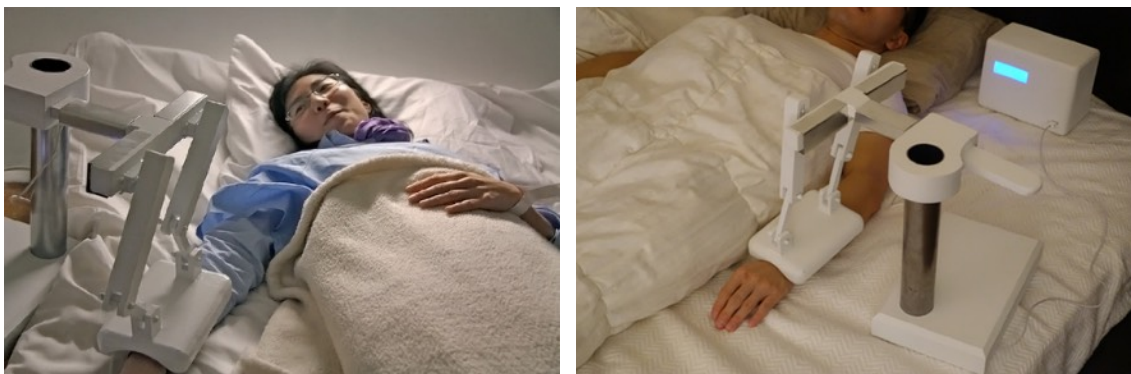
Grundriss mit der Darstellung der Informationen aus dem Raum-Spiel mit dem Roboter Pepper mit Studierenden der Architektur an der TU Wien (Schürer et al., 2018)



Grundriss mit der Darstellung der Informationen aus dem Raum-Spiel mit dem Roboter Romeo bei der „Langen Nacht der Roboter“ an der TU Wien. (Schürer et al., 2018)

Intimität und Trauer

Wer streichelt uns wenn niemand da ist, der uns streicheln kann? Dieser Frage stellt der Künstler Dan Chen und thematisiert damit Intimität, Trauer und Empathie. Er versetzt damit Roboter explizit in einen Kontext, der meist nur indirekt im Bereich der Assistenzsysteme für ältere Menschen diskutiert wird: zwischenmenschlicher Kontakt, Vereinsamung, Mangel an Pflegepersonal. Seine Installationen sind Roboter, die durch Berührungen und Sprache Mitgefühl und Trauer ausdrücken sollen. Im Rahmen der Kunstinstallation *End of Life Care Machine* (2012) nehmen Besucher die Situation eines Sterbenden am Sterbebett ein. Meist bietet das Sterbebett Angehörigen und Freunden eine letzte Gelegenheit Abschied zu nehmen. Am Sterbebett finden religiös verankerte Praktiken statt, wie beispielsweise die Krankensalbung oder die Sterbekommunion bei katholischen Gläubigen. Muslime richten das Sterbebett in Blickrichtung nach Mekka aus. In Dan Chens Kunstinstallation sind jedoch keine anderen Personen anwesend. Lediglich eine Maschine, die den Besucher sanft am Arm streichelt und beruhigende Worte spricht, während die Person auf einem Sterbebett liegt. Die sanfte Stimme aus der Maschine versichert, dass Freunde und Familie einen sehr lieben, auch wenn sie in diesen letzten Momenten des Lebens nicht bei einem sein können.



End of Life Care Machine von Dan Chen, 2012 (Quelle: <https://dankc.com/lastmoment/> [Zugriff: 25.07.2019])

Eine andere Maschine von Dan Chen, die *Nostalgic Touch Machine* (2015), zeichnet die Bewegungen des Streichelns einer Person auf. Durch das Abrufen gespeicherter Berührungsmuster wird versucht, das Gefühl von Intimität oder Zuneigung maschinell zu replizieren. So lassen sich zu Lebzeiten einer Person individuelle Berührungsmuster aufzeichnen und nach deren Tod wiedergeben.



Nostalgic Touch Machine von Dan Chen, 2015 (Quelle: https://dankc.com/nostalgic_touch/ [Zugriff: 25.07.2019])

Die Ästhetik der Roboter ist reduziert maschinell und wirkt klinisch. Es gibt kein Plüsch, keine humanoide Form und kein Kindchenschema. Die Funktion und die Interaktion konzentriert sich auf die Berührung und die Sprache. Diese Reduktion ermöglicht es, sich darauf zu konzentrieren, welche Gefühle wir auf diese Maschinen projizieren und welche Gefühle ihre Berührungen in uns auslösen.

Erkenntnisse aus den künstlerischen Projekten

Die beschriebenen Projekte – *Who Wants to Be a Self-Driving Car?*, *With Robots*, *Ambientes Wecken* und *Raum-Spiel* – basieren auf einem spezifischen Zugang über das Verständnis von Technik, Mensch und Raum. Sie erweitern gängige Vorstellungen darüber, wie technische Systeme Informationen über ihre Umgebung erfassen und welche Veränderungen des Lebensraumes durch soziotechnische Systeme entstehen können. *With Robots* zeigt keine Roboter selbst und lenkt dadurch den Fokus von der Ausgestaltung der Technik auf die Gestaltung und mögliche Veränderungen des Lebensraumes. Das „Kohabitations-Experiment“ der Künstler Anna Dumitriu and Alex May zeigt atmosphärische Aspekte einer räumlich nahen und über einen gewissen Zeitraum kontinuierlichen Exposition mit Robotern auf. Welche Geräusche, Licht- und Tonsignale senden Roboter aus, auch wenn wir sie gerade nicht beachten oder brauchen? Das *Raum-Spiel* adressiert die Unterschiedlichkeit menschlicher und technischer Wahrnehmungssysteme und zeigt, wie durch deren Verbindung ein verteiltes und hybrides Bedeutungsmodells von Raum entstehen kann.

Gemeinsam ist diesen Projekten, dass sie unterschiedliche Aspekte der wechselseitigen Verschränkung von technischen Systemen, Menschen und Lebensräumen veranschaulichen. Sie hinterfragen gängige Vorstellungen über Roboter und eröffnen so

neue Perspektiven und Forschungsansätze. In Bezug auf die räumliche Dimension der Gestaltung und Interaktion mit sozialen Robotern in Wohnumgebungen lassen sich aus den Projekten folgende Erkenntnisse ableiten:

- Es bedarf eines gegenseitigen Verständnisses von Mensch und Roboter darüber, welche Informationen über die Umgebung und die Handlungen des jeweils anderen erfasst werden.
- Das Einnehmen der wechselseitigen Perspektive kann dieses gegenseitige Verständnis vertiefen.
- Wesentlich ist dabei das Bewusstsein über die Andersartigkeit technischer und menschlicher Wahrnehmungssysteme und Handlungsfähigkeiten.
- Soziotechnische Systeme führen zu Veränderungen von Objekten, Räumen und der Art und Weise wie Handlungen ausgeführt werden.
- Diese Veränderungen zeigen sich in materiellen, symbolischen und atmosphärischen Aspekten.

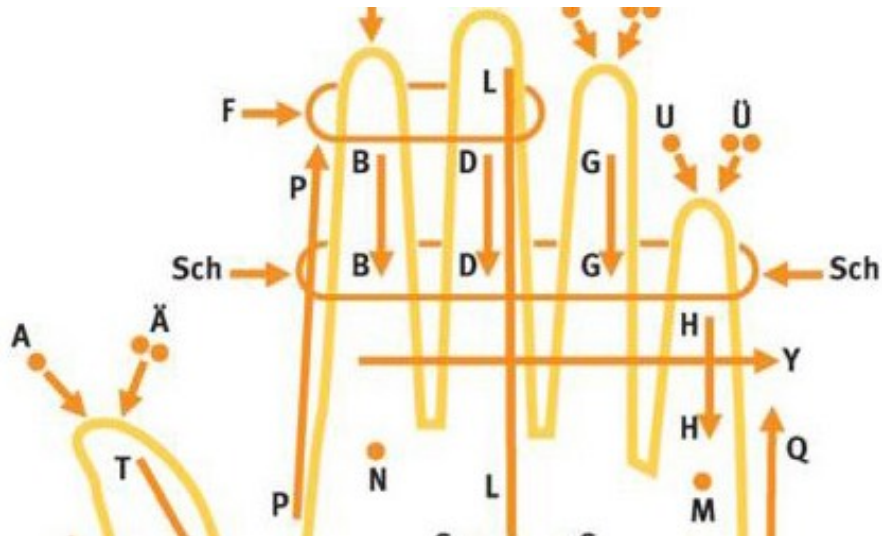
6.4. Inklusiver Ansatz der Technikentwicklung

Wie scheinbare Defizite als Potential der Technikentwicklung genutzt werden können, zeigen Projekte des Design Research Lab der Universität der Künste in Berlin. Unter dem Motto *Disability-inspired Interaction Design* fungiert die Behinderungsperspektive als Katalysator für neue Gestaltungsansätze. Die Projekte bewegen sich im Spannungsfeld von Technologie, Design und Behinderung und beziehen Behinderungsperspektiven sowohl als Ausgangspunkt, als auch als Zielpunkt von Technikgestaltung mit ein (Bieling & Joost, 2017). Dazu wurden die Kommunikationsstrukturen von sprachlich oder körperlich beeinträchtigten Personen analysiert. Diese Strukturen und Konzepte wurden anschließend als Kommunikationsmodi mit technischen Geräten entwickelt.

Mobile Lorm Glove

Als Vorbilder dieses Ansatzes dienen etwa die Schreibmaschine, die ursprünglich als Kommunikationshilfe für Blinde erfunden wurde, oder das Hörbuch, das zunächst Blinden den Zugang zu Literatur ermöglichen sollte. Das Projekt „Speechless“ untersucht beispielsweise wie Kommunikation ohne gesprochene oder geschriebene Sprache funktionieren kann. Wie kann die Gebärdensprache zur Mensch-Maschine

Kommunikation eingesetzt werden? Im Projekt „Mobile Lorm Glove“ wurde ein Kommunikations- und Übersetzungsgerät für Taubblinde entwickelt. Der Handschuh übersetzt das Hand-Touch-Alphabet „Lorm“, das von Menschen mit Hör- und Sehbehinderungen zur Kommunikation verwendet wird, in Text und umgekehrt. Der Mobile Lorm Glove ermöglicht auch die Kommunikation mit anderen Personen ohne Kenntnis des Lorm-Alphabets.



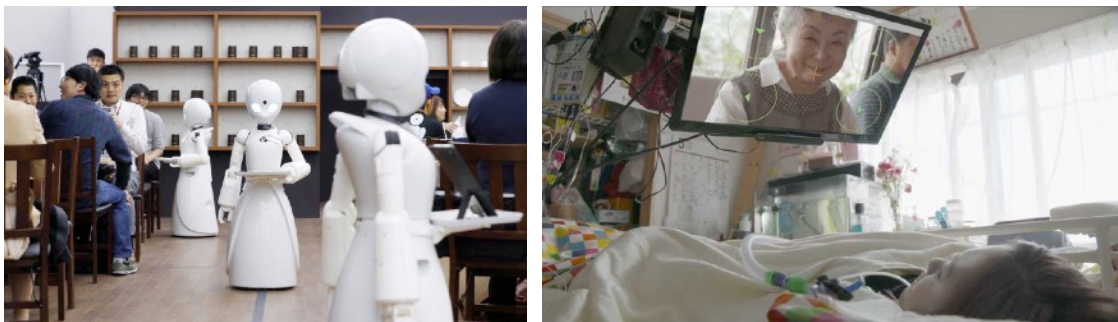
Lorm-Alphabet (Quelle: <http://www.design-research-lab.org/> [Zugriff: 25.07.2019])



Mobile Lorm Glove (unten) (Quelle: <http://www.design-research-lab.org/> [Zugriff: 25.07.2019])

DAWN Café Tokyo

Für ein anderes Projekt in Tokyo, Japan wurden mobile Roboter-Kellner entwickelt, die in einem Café durch an ALS (Amyotrophe Lateralsklerose) erkrankte Personen von Zuhause aus ferngesteuert werden. Durch die degenerative Erkrankung des motorischen Nervensystems sind die Personen nicht mehr in der Lage, sich zu bewegen. Sie steuern die Bewegungen des Roboters und die sprachliche Interaktion mit den Gästen durch ihre Augenbewegungen. Der Ansatz dieses Projekten ist es nicht, verloren gegangene Fähigkeiten zu kompensieren, sondern zu erforschen, wozu beeinträchtigte Personen durch Roboter befähigt werden können. Das Projekt zeigt alternative Möglichkeiten auf, wie die Bereiche Arbeit, Behinderung, soziale Teilhabe und Technologie zukünftig verbunden werden können. Das Café trägt dem Namen DAWN (Diverse Avatar Working Network), ein Testbetrieb wurde Ende 2018 gestartet.



DAWN Café in Tokyo: Gelähmte Personen steuern Roboter-Kellner (Quellen: Kyodo News, https://www.youtube.com/watch?v=vw5ZAh_bVTQ/ [Zugriff: 25.07.2019])

Ziel dieser Projekte ist es, die Handlungsfähigkeiten und Kommunikationsmöglichkeiten von Personen mit Beeinträchtigungen mittels technischer Geräte zu erweitern. Darüber hinaus sollen die gewonnenen Erkenntnisse neuartige Kommunikationsweisen auch für nicht beeinträchtigte Personen aufzeigen. Dadurch soll das alternative Potential genutzt werden, das in scheinbaren Beeinträchtigungen steckt.

Die Heimautomation bietet für die Entwicklung von Assistenzsystemen einen konzeptuellen und örtlichen Ansatzpunkt, der durch die allgemeine Technologisierung des Alltags weniger an der Defizitkompensation orientiert ist. Vielmehr stehen in der Heimautomation die Nutzer mit ihren Vorlieben, Möglichkeiten und Bedürfnissen im Vordergrund. Assistenzsysteme entlang dieser Grundsätze zu gestalten könnte zu mehr Akzeptanz dieser Technik beitragen.

6.5. Assistenzroboter im Wohn- und Pflegebereich

„We should care about the presence of robots. Not only because they would care for us, but also because we would have to care for them.“

(Lipp, 2016)

Viele Forschungsprojekte im Ambient Assisted Living (AAL)-Bereich entwickeln und untersuchen die Integration von Assistenzsystemen in die Wohnumgebung insbesondere älterer Menschen, um diesen möglichst lange ein selbstständiges Leben im gewohnten Wohnumfeld zu ermöglichen. Die angedachten Systeme reichen von Einzeltechniken bis hin zu komplexen Assistenzensembles im Heimautomations-, Gesundheits-, und Kommunikationsbereich.



Beispiele für mobile Assistenzroboter (von links nach rechts): Care-O-bot 3 (Fraunhofer IPA), SCITOS G3 (CompanionAble), SCITOS (MetraLabs), Hobbit (TU Wien).

Altersgerechte Assistenzsysteme sind ein Anwendungsbereich technischer Unterstützungssysteme, in dem sich wirtschaftliche mit technischen und sozialen Fragestellungen überlagern. In den Ausschreibungen von Forschungs- und Strategieprogrammen, wie etwa dem *Robotics 2020 - Multi-Annual Roadmap for Robotics in Europe*, besteht die weitestgehend nicht hinterfragte Grundannahme, dass der Einsatz robotischer Assistenzsysteme eine konstruktive Antwort auf gesellschaftliche Herausforderungen wie den demografischen Wandel darstellt:

„Europe is facing important challenges as an ageing populating and increasing health costs impact on society. [...] Robotics technology has the potential to impact on this societal need.“

(Horizon 2020, 2017, p. 148)

Aus der Perspektive europäischer Förderinstrumente zur Technikentwicklung besteht die Annahme, dass auch soziale Roboter als Assistenten in Wohnumgebungen ein unabhängiges und lebenswertes Altern unterstützen können:

„Assisted Living addresses the challenges of robotics technology support for independent living at all ages, social innovation and inclusion and ageing. The main settings of this are the house, the town, and daily human-inhabited environments.“
(Horizon 2020, 2017, p. 148)

Viele Lösungsansätze, die im Rahmen von Forschungsprogrammen entwickelt werden, zeichnen sich durch einen stark technik-fokussierten Ansatz aus. Durch die Argumentation eines autonomen und lebenswerten Alterns im vertrauten Lebensumfeld und einer notwendigen Kostensenkung im Gesundheits- und Pflegebereich wird die Entwicklung und der Einsatz von Assistenzsystemen vorangetrieben.

Die Anwendungsfelder der Robotik in der Heimautomation und Unterhaltung werden bereits durch die Entwicklung und Produktion kommerzieller Produkte bestimmt. Assistenzsysteme im Assistenz-, Gesundheits- und Pflegebereich werden dahingegen verstärkt im Rahmen von Forschungs- und Förderprogrammen auf nationaler und europäischer Ebene entwickelt. Aufgrund der hohen Anforderungen insbesondere an assistive Roboter sind daher - von wenigen Ausnahmen im institutionellen Bereich abgesehen - kaum kommerzielle Produkte auf dem Markt verfügbar.

Forschungsprojekte zu Assistenzrobotern im Wohn- und Pflegebereich

HOBBIT

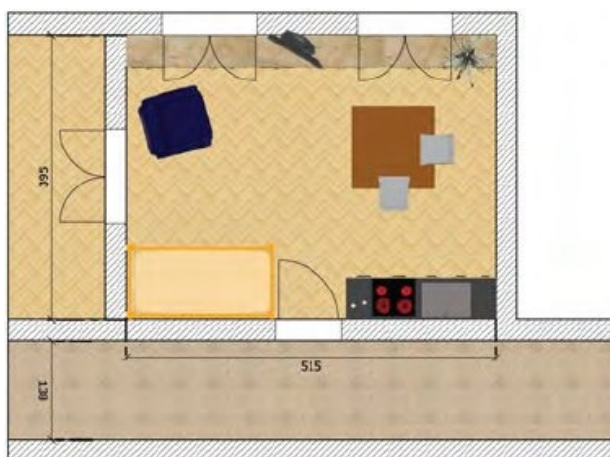
Im Forschungsprojekte HOBBIT (2011-2015) unter Leitung des Instituts für Automatisierungs- und Regelungstechnik der TU Wien wurde ein Assistenzroboter für den Einsatz im Zuhause alleinlebender älterer Menschen entwickelt. Der Schwerpunkt des Projektes war es, Stürzen vorzubeugen, diese zu erkennen und im Falle eines Sturzes situationsabhängig einen Alarm auszulösen. Die Interaktion mit dem Benutzer erfolgte über Sprache, Gestik und einen Touchscreen. Zudem konnte der Roboter mit einem Greifarm Gegenstände vom Boden aufheben und sich eigenständig durch Wohnräume bewegen. Um die Akzeptanz des Roboters zu erhöhen, wurde das Konzept „Mutual Care“ entwickelt. Das Konzept basiert auf der Annahme, dass es für ältere Menschen einfacher ist, die Hilfe eines Roboters in Anspruch nehmen, wenn sie auch

selbst in bestimmten Situationen den Roboter unterstützen (Mayer & Panek, 2013). Der gegenseitige Assistenzansatz soll zu einem Aufbau einer Beziehung zwischen Mensch und Roboter führen und damit zu einer emotionalen Bindung zu dem Roboter. Dies soll zu einem gestärktem Selbstwert und einer höheren Selbstwirksamkeit des Benutzers führen, also der Überzeugung, auch schwierige Situationen im Alltag aus eigener Kraft erfolgreich bewältigen zu können (Matuszak & Seitschek, 2012).



Drei Assistenz-Situationen mit dem Roboter HOBbit: Aufheben eines Gegenstands, Bringen einer Tasse Kaffee, und situationsabhängige Hilfe bei dem Sturz einer Person (Quelle: http://hobbit.acin.tuwien.ac.at/hobbit_image.html/ [Zugriff: 25.07.2019])

AAL-Technologien umfassen neben assistiven Robotern auch Systeme, Produkte und Dienstleistungen wie etwa das automatische Abschalten von Geräten in der Küche, Sturzdetektion oder Aktivitätsmonitoring. Im Forschungsprojekt HOBbit wurden eine Assistenzumgebung bestehend aus einem mobilen Roboter und stationären Sensoren und Aktoren geschaffen.



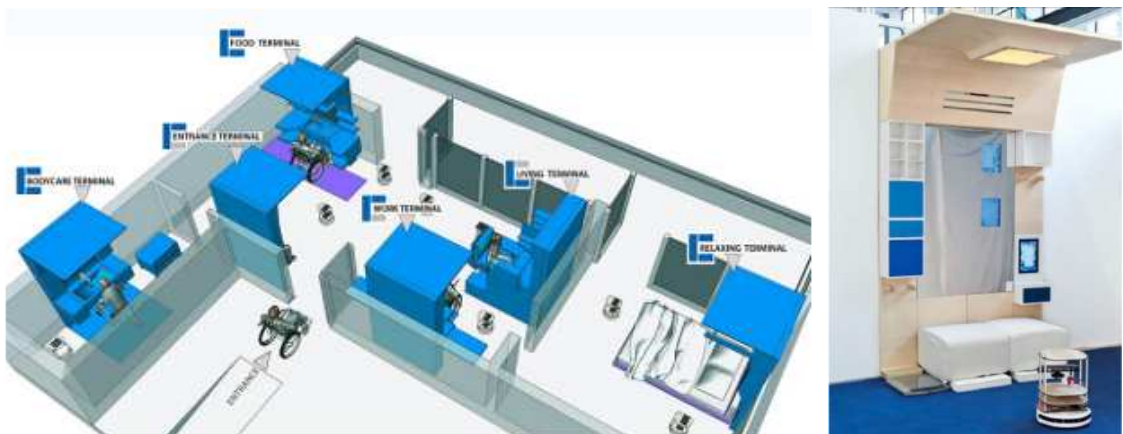
Links: AAL-Umgebung mit den Bereichen Kochen, Essen, Wohnen, Schlafen; Rechts: HOBbit-Roboter (ohne und mit Abdeckung) (Mayer & Panek, 2013, p. 219)

„Robot and AAL environment together construct a shared context and benefit from complementing each other for enhancing context awareness and interaction with the user.“
(Mayer & Panek, 2013, p. 219)

Der mobile Roboter erhält aus den an verschiedenen Orten platzierten Sensoren zusätzliche Informationen über die Umgebung, kann Aktoren in der Umgebung nutzen, um seine Fähigkeiten zu erweitern, und agiert als mobiler Sensor. Es wurden unterschiedliche Aufgaben und Assistenzszenarien entwickelt, bei denen die in der Umgebung platzierte Technik mit dem mobilen Roboter zusammenwirkte, etwa Erfassung von Präsenz und Aktivitäten, Türen öffnen, Lokalisierung des Roboters und Überwachung von Gesundheitsparametern.

LISA Habitec

Im Forschungsprojekt LISA Habitec der TU München werden technische Unterstützungssysteme in Gebäudekomponenten wie Decken, Wände oder Böden integriert (Linner, Güttler, Bock & Georgoulas, 2015). Eines der entwickelten Komponenten ist ein Wand-Terminal, das mit robotischen Elementen und unterstützenden Dienstleistungen ausgestattet ist. In diesem Ansatz werden Wohnungen durch eine Kombination aus einer Vielzahl robotischer Mikroräume in strukturierte, assistive Umgebungen umgewandelt.



LISA Habitec der TU München (2016) (Quelle: <http://www.br2.ar.tum.de/> [Zugriff: 25.07.2019]) und Prototyp eines robotischen Mikro-Raumes (Linner et al., 2015, p. 12)

In dieser Modellwohnung des Projektes LISA Habitec wurde eine Nutzerstudie mit älteren Personen durchgeführt (Engler & Schulze, 2016). Verschiedene Funktionen und

Assistenzsysteme waren in Möbel- und Gebäudekomponenten integriert, darunter eine Aufrichtfunktion am Bett, eine fahrbare Tischkonstruktion, ein Sturzdetektor, eine automatisierte Fiebermessung, eine Warmhaltefunktion im Küchentisch, ein Regalaufzugssystem im Schrank und eine Schuhanziehhilfe. Als hilfreichste Funktion wurde die Sturzmeldung im Badezimmer genannt, als am wenigsten hilfreich die automatisierte Fiebermessung.

Caritas-Sozialstation St. Johannes



In der Tagespflege der Caritas-Sozialstation St. Johannes erzählt Pepper Märchen (links) und leitet ein Gymnastikprogramm an (rechts) (Quelle: picture alliance/Jan Haas für Deutsches Ärzteblatt)

Auch in Pflegeeinrichtungen werden bereits soziale und assistive Roboter testweise eingesetzt. Dies geschieht meist unter technischer und wissenschaftlicher Begleitung, wie in der Tagespflege der Caritas-Sozialstation St. Johannes in Erlenbach am Main. In dem Modellprojekt, das vom Bayerischen Staatsministerium für Gesundheit und Pflege gefördert und von der Friedrich-Schiller-Universität Jena wissenschaftlich begleitet wird, unterhält der soziale Roboter Pepper (Softbank) die Gäste der Tagespflegeeinrichtung (Schmitt-Sausen, 2019). Das Repertoire des auf soziale Interaktion ausgelegten Roboters beinhaltet Witze erzählen, Märchen vorlesen, Tiere imitieren, Musik spielen, das aktuelle Wetter ansagen oder ein Gymnastikprogramm anleiten. In einem weiteren Schritt soll Pepper strukturiert Informationen sammeln und damit für administrative Entlastung des Personals sorgen, indem der Roboter Trinkprotokolle führt und Vitalwerte erfasst.

Es zeigt sich jedoch, dass je näher Assistenzroboter an den Bedürfnissen der Nutzer liegen, desto weiter sind sie von einer Markteinführung entfernt (Payr et al., 2015). Der

demografische Wandel könnte auch dazu beitragen, dass bestimmte Altersgruppen zu lukrativen Zielgruppen von Technikentwicklungen werden.

6.6. Workshop zu den Aufgaben eines Assistenzroboters

Die Forschungsgruppe H.A.U.S. leitete den Workshop *Vertrauen in robotische Systeme* auf der Konferenz *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen* an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg am 11.12.2018. Der Workshop wurde von Oliver Schürer, Christoph Hubatschke, Christoph Müller und Benjamin Stangl durchgeführt. Im Format eines World-Cafe wurden in drei Gesprächsrunden die technischen, räumlichen und philosophischen Aspekte des Themas *Vertrauen in robotische Systeme* erarbeitet.

Die Gesamtdauer des Workshops betrug ca. 1,5 Stunden, die Gesprächsrunden pro Thema je 20 Minuten. Es nahmen 8 Personen unterschiedlicher Altersgruppen an dem Workshop teil, die in 2 Gruppen zu je 4 Personen geteilt wurden. Alle Teilnehmer hatten einen wissenschaftlichen oder ausbildungsspezifischen Bezug zu den Themen Assistenzsysteme, Robotik oder Pflege. Im Folgenden werden der Ablauf und die Ergebnisse des Workshop-Teils zu den räumlichen Aspekten zusammengefasst:

Die räumlichen Fragestellungen wurden anhand des Assistenz-Szenarios „Greta und Ferdinand“ bearbeitet und diskutiert. Die Teilnehmer entwickelten mögliche Aufgaben für einen Assistenzroboter (Diskussionsfokus 1) und diskutierten anhand des Grundrisses einer Musterwohnung räumliche Fragestellungen zu Assistenzrobotern (Diskussionsfokus 2).

Ziel dieses Teils des Workshops war es, Aufgaben eines Assistenzroboters im Kontext einer Wohnung räumlich zu verorten. In welchen Räumen findet die Unterstützung statt? Zu welchen Bereichen einer Wohnung soll ein Roboter Zugang erhalten, zu welchen soll der Zugang eingeschränkt werden?

Kurzbeschreibung des Assistenz-Szenarios „Greta und Ferdinand“

Das pensionierte Ehepaar Greta (70) und Ferdinand (75) lebt seit 5 Jahren in einer barrierefreien Eigentumswohnung im dritten Stock eines Neubaus. Ferdinand war Industrietechniker, ist seit einem Verkehrsunfall in seiner Mobilität stark

eingeschränkt und auf einen Rollstuhl angewiesen. Trotz tatkräftiger gegenseitiger Unterstützung im Haushalt mussten sie sich eingestehen, dass alltägliche Routinen ab einem bestimmten Alter nicht mehr ganz so einfach zu bewältigen sind. Aus diesem Grund haben sie sich entschieden, einen alltagstauglichen Assistenzroboter anzuschaffen, der sie zuhause in ihrer Lebensführung unterstützen soll. Der Assistenzroboter ist räumlich mobil, kann Gegenstände greifen, transportieren, natürlich-sprachlich interagieren und besitzt eine drahtlose Netzwerkanbindung.



Impressionen des Workshops „Vertrauen in robotische Systeme“

Ablauf des Workshops

- Vorstellung des Assistenz-Szenarios „Greta und Ferdinand“ durch den Workshopleiter
- Erarbeitung möglicher Aufgaben für den Assistenzroboter in Einzelarbeit
- Diskussion der gesammelten Aufgaben in der Gruppe
- Räumliche Zuordnung der Aufgaben zu den Räumen auf dem Grundriss einer Wohnung
- Diskussion zur Bewegungsfreiheit des Roboters innerhalb der Wohnung

Leitfragen für die Diskussion:

- Welche Aufgaben soll der assistive Roboter in Wohnungen übernehmen?
- In welchen Räumen der Wohnung soll diese Unterstützung stattfinden?
- In welchen Räumen soll sich der Roboter innerhalb einer Wohnung bewegen dürfen?
- Soll der Zugang zu bestimmten Räumen eingeschränkt oder nicht erlaubt sein?

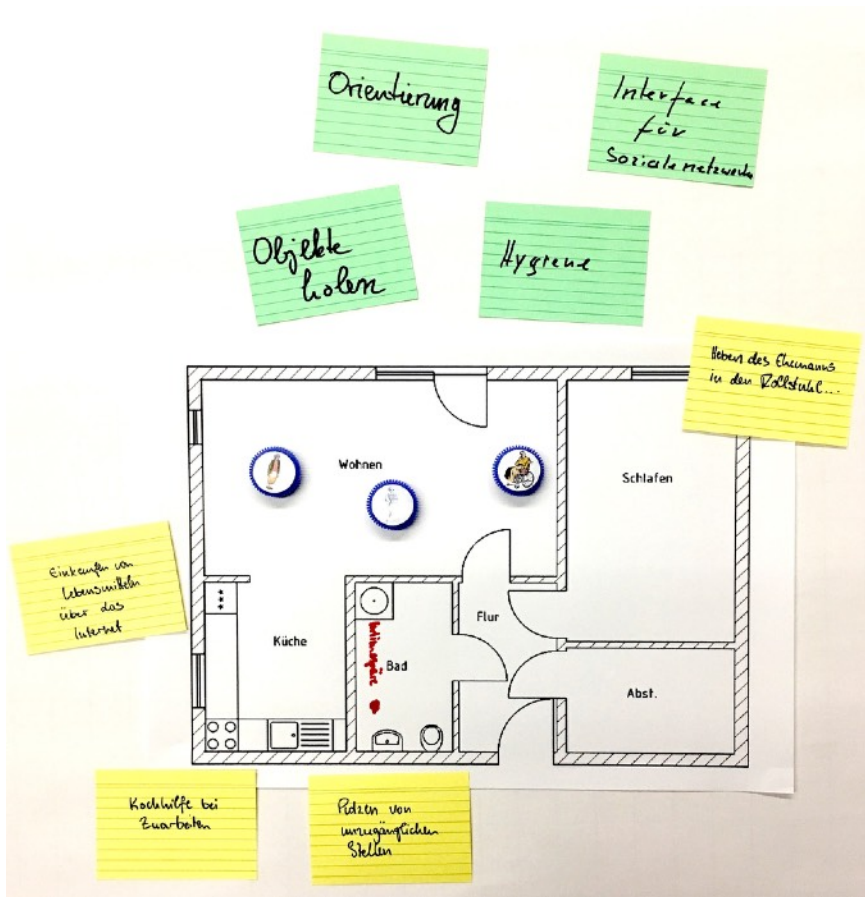
Zusammenfassung der Ergebnisse

Diskussionsfokus 1: Aufgaben des Assistenzroboters

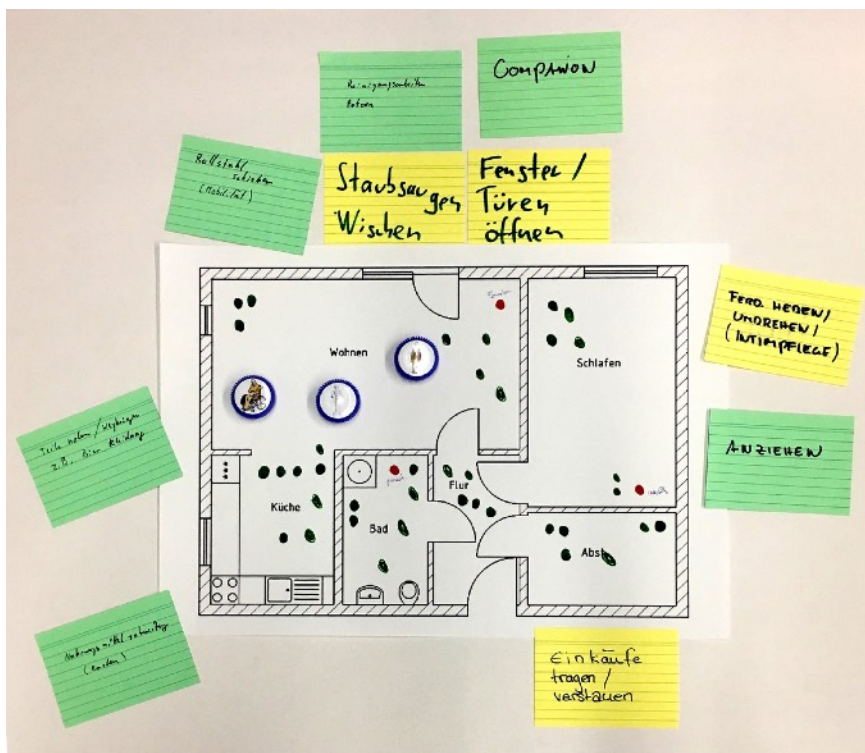
Insgesamt sammelten die Teilnehmer 18 Aufgaben für den Assistenzroboter. Sechs dieser Aufgaben beziehen sich auf die Unterstützung Ferdinands (z.B. Anziehen, Heben aus dem Rollstuhl, Körperhygiene, Rollstuhl schieben). Weitere Aufgaben verteilen sich auf Hol- und Bringdienste (3 Nennungen), allgemeine Reinigungstätigkeiten in der Wohnung (3 Nennungen) und die Unterstützung bei der Nahrungsmittelzubereitung in der Küche (2 Nennungen). Zwei weitere Aufgaben nutzen den Roboter als Schnittstelle zum Internet (Online-Shopping und soziale Netzwerke). Einmal wurde die Aufgabe des Roboters als Companion genannt.

Diskussionsfokus 2: Räumlichen Fragestellungen

Die gesammelten Aufgaben beziehen alle Räume der Wohnung mit ein. Die meisten Aufgaben verteilen sich auf die Küche und das Wohnzimmer. Danach folgen mit gleicher Anzahl der Abstellraum, das Bad und das Schlafzimmer. Grundsätzlich verständigten sich die Teilnehmer darauf, dass der Roboter Zugang zu allen Räumen der Wohnung erhalten soll. Zur Wahrung der Privatsphäre könnte der Zugang zu Bad und Schlafzimmer allerdings nur für bestimmte Tätigkeiten (z.B. Anziehen, Ferdinands Körperhygiene) gewährt werden. Eine weitere Möglichkeit wäre das temporäre Abschalten einzelner Sensoren (z.B. Kamera oder Mikrophon).



Ergebnisse der Gesprächsrunden zu den Aufgaben eines assistiven Roboters



Ergebnisse der Gesprächsrunden zu den Aufgaben eines assistiven Roboters

Diskussion der Ergebnisse und Einschränkungen

Ein Großteil der genannten Aufgaben (11) beinhalten physische Unterstützungsleistungen im Alltag. Die Teilnehmer schlussfolgerten, dass die Aufgaben bei zwei Personen im Haushalt gegenseitiges Einverständnis erfordern. Eine Unterstützung z.B. beim Kochen kann von einer Person als Erleichterung wahrgenommen werden, während sie für die andere Person den Wegfall einer sinnstiftenden Tätigkeit bedeuten könnte. Ein interessanter Aufgabenbereich assistiver Roboter ist der einer altersgerechten Schnittstelle zur Nutzung von Internet-Dienstleistungen (z.B. soziale Netzwerke, Online-Shopping).

Der Workshop zeigt einen möglichen Ansatz, wie räumliche Fragestellungen im Kontext der sozialen Robotik diskutiert werden können. Er kann auch als Anregung dienen, die räumliche Dimension in der Entwicklung und Gestaltung von Assistenzrobotern stärker zu berücksichtigen. Die Ergebnisse des Workshops lassen sich jedoch nicht verallgemeinern.

6.7. Soziale Roboter und zwischenmenschliche Beziehungen

„We love what we nurture.“

(Turkle, 2011, p. 31)

Die zwischenmenschliche Kommunikation hat sich - so stellen Soziologen und Psychologen fest - durch die Vermittlung technischer Systeme gewandelt. In den späten 70er und frühen 80er Jahren beschreibt die amerikanische Psychologin Sherry Turkle, Professorin am MIT, in ihrem Buch *The Second Self* die Beziehung zwischen Menschen und Computer (1984). Während ihre ersten Beobachtungen im universitären Umfeld die Beziehung von Wissenschaftlern zu ihren Computern untersucht, verlagert sie in den 90er Jahren mit der Verbreitung des Personal Computers (PC) ihren Schwerpunkt auf den Computer als vermittelndes Medium zwischenmenschlicher Beziehungen.

In *Alone Together* (2011) geht Turkle den Beziehungen in und mit digitalen Netzwerken, sozialen Robotern und virtuellen Gemeinschaften nach. Ihre Beschreibungen stützen sich auf zahlreiche Interviews, die sie mit Kindern verschiedenen Alters, aber auch Erwachsenen aus unterschiedlichen Milieus und sozialen Schichten geführt hat. Sie beobachtete dabei Personen mit Robotern wie My Real Baby (iRobot, Hasbro), Furby (Tiger Electronics, Hasbro), Paro (AIST) oder Aibo

(Sony). Bei Aibo handelt es sich um einen robotischen Spielzeughund des japanischen Elektronik-Konzern Sony. Der hundeähnliche Roboter war einer der ersten Unterhaltungsroboter im Haushalt und wurde insbesondere in Japan und den USA vertrieben. Aibo bedeutet im Japanischen Partner, kann aber auch als eine Abkürzung aus den Buchstaben von Artificial Intelligence RoBOT gelesen werden.



Aibo (ab 1999), My Real Baby (ab 2000), Furby (ab 1998) (Quellen: <https://www.sony.net/>; <https://www.walmart.com/ip/My-Real-Baby-Doll/878161/>; <https://en.wikipedia.org/wiki/Furby/> [Zugriff: 25.07.2019])

Turkles Resümee über die Beziehung zu technischen Geräten fällt insbesondere bei sozialen Robotern kritisch aus. Sie warnt davor, unerfüllbare Beziehungen mit sozialen Robotern einzugehen, weil sie stets etwas versprechen, das sie nicht halten können. Soziale Roboter werden gezielt dahingehend gebaut und programmiert, Gefühle zu simulieren, obwohl im technischen System keine Grundlage dafür existiert. Menschen sind jedoch durch Empathie auch für simulierte Gefühle empfänglich. Roboter versprechen scheinbar Freundschaft, können aber nur so tun, als ob sie Freundschaft empfinden würden. Sie suggerieren Zuwendung, können aber nur so tun, als ob sie einfühlsam wären. Dadurch, so Turkle, entstehen einseitige Gefühle und die Illusion, dass auch beim technischen Gegenüber Gefühle existieren.

*„Demands translate into care and care into the feeling of caring.“
(Turkle, 2011, p. 32)*

Soziale Roboter erwecken das Bedürfnis gepflegt zu werden. Der Begriff des fürsorglichen Pflegens – das scheinbar einfühlsame Umgehen miteinander und Eingehen aufeinander – ist sowohl für den Umgang der Menschen mit Robotern, als auch für die Art und Weise wie Robotern auf Menschen wirken relevant. Die Zuwendung und Fürsorge, die wir sozialen Robotern, aber auch Tamagotchis oder

virtuellen Systemen entgegenbringen, lösen nach Turkle in uns die Erwartung aus, dass diese Entitäten die zuteil gewordene Zuwendung, Pflege und Wertschätzung zurückgeben. Wenn Personen sich über Geräte wie einen nicht funktionierenden Mixer oder einen langsamen Computer ärgern, dann projizieren sie ihren Ärger auf die Maschine. Bei sozialen Robotern geht es über eine solche Projektion hinaus um Beziehungen und Bindungen (Turkle, 2011, p. 116). Soziale Roboter tun so, als ob sie zuhören würden, und Menschen fühlen sich dadurch verstanden.

„Older adults that can no longer independently live at home without assistance need company, love, and attention. At the current stage of technological development companion robots are far from offering that in a human-like manner.“

(Baumgaertner & Weiss, 2014)

Turkle sieht die Gefahr, dass wir durch Roboter enttäuscht werden, und befürchtet, dass unsere durch technische Geräte vermittelte Kommunikation und Interaktion mit sozialen Robotern die Fähigkeit untergräbt, ernsthafte, anhaltende und erfüllende Bindungen mit anderen Menschen einzugehen. Besonders gefährdet sind laut Turkle Personengruppen, die aktuell Ziel vieler robotischer Entwicklungen sind: Kinder und ältere Personen. Kinder sind in ihrer sozialen Entwicklung besonders gefährdet, wenn Aufgaben und Rollen von sozialen Robotern übernommen werden, die traditionell von Personen erfüllt werden (Turkle, 2011, p. 56). Damit Kinder einen verantwortungsvollen Umgang mit Anderen erlernen, und lernen, sich in jemanden hineinzusetzen, brauchen sie menschliche Interaktion. In Robotern erleben Kindern scheinbare Zuneigung und Verbundenheit, allerdings ohne die damit einhergehende Verantwortung.



Der therapeutische Roboter Paro ist einer jungen Sattelrobbe nachempfunden (Quelle: <http://www.parorobots.com/> [Zugriff: 25.07.2019])

An dieser Stelle lassen sich Parallelen zu Donna Haraways Begriff der *companion species* ziehen, mit dem sie das Zusammenleben unterschiedlicher Spezies von Mensch und Tier beschreibt (Haraway, 2003). Entsteht durch Spielzeugroboter Aibo oder therapeutische Robbenroboter eine neue Kategorie von *companion species*? In ihrem *Companion Species Manifesto: Dogs, People, and Significant Otherness* plädiert Haraway „für eine Entgrenzung und historische Kontextualisierung wissenschaftlich getrennter und stabilisierter Ontologien und Entitäten“ (Verdicchio, 2008, p. 162). Ihr Blick rückt die Interaktionen zwischen Menschen und Tieren in den Mittelpunkt ihrer Beobachtungen. Dadurch sollen jedoch nicht die Unterschiede der verschiedenen Spezies relativiert, sondern gerade deren Differenzen herausgearbeitet werden. Diese erfordern eine „gesteigerte Aufmerksamkeit für die Kontexte, ontologische Gemengelagen und die Bedingungen, in denen Wissen und Kategorien entstehen und fixiert werden“ (Verdicchio, 2008, p. 163). Da es sich bei Robotern nicht um eine natürlich Spezies wie etwa Hunde handelt, sondern um eine von Menschen produzierte Technik, stellt sich die Frage, nach welchen sozialen und ethischen Regeln die Beziehung zu sozialen Robotern gestaltet werden soll. Ein problematisches Prinzip sieht Turkle darin, dass Roboter die Ansprüche, die wir an Gefühle, Gemeinschaft und soziale Interaktion stellen, schnell einseitig und relativ unbemerkt nach unten nivellieren.

„From better than nothing to better than anything.“

(Turkle, 2011, p. 59)

Diese Anpassung trage dazu bei, dass wir unsere Erwartungen auch an menschliche Beziehungen verringern (Turkle, 2011, p. 125). Pflegeroboter sorgen sich beispielsweise nicht wirklich um die Person, mit der sie interagieren. Das Gefühl des gegenseitigen Verstehens oder menschliche Fürsorge wird für ein einseitiges Gefühl bei der zu pflegenden Person eingetauscht. Simulieren Roboter sozialkommunikatives Verhalten und kommt es zu einer Art Beziehungsaufbau seitens der Nutzer stellt sich die Frage der emotionalen Manipulierbarkeit und eines etwaigen Interessensverlustes an realer zwischenmenschlicher Beziehungsarbeit (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018, p. 47). Wallach und Allen bezeichnen das Erkennen sozialer Signale und eine entsprechende soziale Reaktion des Roboters als eine allgemeine Form der Täuschung (Wallach & Allen, 2009, p. 44). Insbesondere wenn sich Personen einsam fühlen, sind sie besonders empfänglich für soziale Reize und suchen auch dort nach Bindungen, wo nur Objekte sind:

„... when you're lonely you tend to look for social contact. [...] that's when your pet might be something that really seems like it cares for you.“

(Epley, 2014)

Suchen wir in sozialen Robotern jene Gefühle, die wir in menschlichen Beziehungen vermissen? Befürworter von Pflegerobotern argumentieren, dass es für ältere Personen besser sei, sich mit einem Roboter wie dem therapeutischen Roboter Paro zu unterhalten und körperlichen Kontakt zu erfahren, als überhaupt keine Interaktion oder Berührung zu erfahren. Allerdings könnte das laut Turkle allzu schnell dazu führen, dass Pflegeroboter gänzlich zu einem Ersatz für menschliche Aufmerksamkeit und Interaktion werden.

Während die einen in sozialen Robotern eine Bewältigungsstrategie der Folgen des demografischen Wandels sehen, orten andere wiederum die zunehmende Gefahr von sozialer Isolation und Ausgrenzung älterer Personen. Baumgaertner und Weiss sprechen sich für einen pragmatischen Zugang zu Assistenz- und Pflegerobotern aus, der sich stärker an der Nützlichkeit der Assistenzleistung orientiert:

„What matters to the success of building companion robots is their relevant behaviour, not the source of that behaviour. [...] If we can develop a system that effectively delivers what we deem to be appropriate care behavior, then the only source of objection - though one could hardly call it even that - would be our prejudices.“

(Baumgaertner & Weiss, 2014, pp. 1-3)

Was ältere Personen brauchen, die nicht mehr selbstständig und ohne Hilfe zu Hause leben können, ist Aufmerksamkeit, Zuwendung und Liebe. Nach dem derzeitigen Stand der technologischen Entwicklung sind Roboter allerdings weit davon entfernt, dies in menschlicher Art und Weise anzubieten. Im aktuellen Diskurs zu sozialen Robotern und Assistenzsystemen sind Themen wie Emotion, Einfühlungsvermögen und der Aufbau langfristiger sozialer Bindungen allerdings stark in den Vordergrund gerückt. Während es bereits Assistenzroboter gibt, die Emotionen erkennen und simulieren können, sind deren tatsächlichen Interaktions- und Kommunikationsfähigkeiten jedoch sehr begrenzt (Baumgaertner & Weiss, 2014). Eine Entwicklung sozialer Roboter als handelnde Akteure statt als mitfühlende Wesen könnte zu mehr Akzeptanz führen. In empirischen Studien konnten Gray und Wegner zeigen:

*„We are happy to have robots that do things, but not feel things.“
(Gray & Wegner, 2012, p. 129)*

Den Fokus bei der Entwicklung sozialer Roboter eher auf deren Handlungsfähigkeiten als auf das Simulieren von Emotionen zu legen, scheint auch aus einer psychologischen Perspektive sinnvoll. Assistenzroboter werden eher als unheimlich empfunden, wenn ihnen die Fähigkeit Freude, Wut oder Angst zu erfahren, zugeschrieben werden (Appel, 2016). Dieser ablehnende Effekt tritt nicht auf, wenn Robotern die Fähigkeiten vorausschauend zu planen, eigenständig zu handeln, sich Dinge zu merken oder Emotionen zu erkennen zugeschrieben werden.

ABSCHNITT II: ENTWICKLUNG DER THEORIE

7. Technik als Handlungsträger

„Techniken sind ohne Frage zu allen Zeiten und an allen Orten vermittelnde, formende und fundierende Elemente sozialer Handlungen und sozialer Systeme.“
(Rammert, 2007, p. 6)

7.1. Verteiltes und gradualisiertes Handlungskonzept

Der Handlungsbegriff, den ich in dieser Arbeit auf soziale Roboter anwende, basiert auf dem Konzept eines verteilten und gradualisierten Handelns (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002). Die Frage, ob Technik handeln kann, wird in einem pragmatischen Verständnis von Handeln aufgelöst. Der hier verwendete Ansatz von Handlungsfähigkeit basiert auf beobachteten Handlungseigenschaften und Interaktionsfähigkeiten und berücksichtigt unterschiedliche Ebenen des Mit-Handelns technischer Systeme. Wenn auf Technik und Maschinen übertragene Aktivitäten ebenso gesellschaftlich wirksam sind wie menschliche Aktivitäten und nach sozialen Normen beurteilt werden, lässt sich auch die Unterscheidung zwischen Sozialem und Technischem nicht mehr aufrechterhalten (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002).

Die Anerkennung einer spezifischen Form der Handlungsträgerschaft technischer Systeme schafft eine Perspektive für das Wechselwirkungsverhältnis von Mensch und Technik. Wenn Assistenzensembles gewisse Eigenschaften von Sozialformen zugeschrieben werden, dann nicht um technische Systeme zu vermenschlichen, sondern um die Auswirkungen eingesetzter Techniken auf und innerhalb des Soziallebens analysieren zu können.

Technische Unterstützungssysteme treten in ein zunehmend engeres Austausch- und Wechselwirkungsverhältnis mit ihren Nutzern (Biniok, 2016). In dieser Arbeit werden soziale Roboter als Akteure verstanden, die durch ihre Handlungsfähigkeiten Anteil an der Konstitution menschlicher Lebensräumen nehmen. Die Frage nach den Handlungsqualitäten von Technik geht nicht von einer Symmetrie menschlicher und technischer Akteure aus, wie dies die Akteur-Netzwerk-Theorie tut. Übernommen aus der Akteur-Netzwerk-Theorie wird daher das prinzipielle Zugeständnis, dass auch technische Objekte Akteure sein können, nicht jedoch die Gleichstellung menschlicher

und nicht-menschlicher Akteure. Vielmehr erlaubt die Differenzierung des Handlungsbegriffes, nach den Ähnlichkeiten und Unterschieden menschlichen und technischen Handelns zu fragen und diese zu untersuchen (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002).

Zunächst werden die Dimensionen des verteilten und die Ebenen des gradualisierten Handlungskonzeptes nach Rammert und Schulz-Schaeffer (2002) beschrieben. Im Anschluss wird dieses Modell anhand sozialer Roboter als Handlungsträger veranschaulicht.

Dimension des verteilten Handelns

Verteiltes Handeln begreift Handeln als Handlungsfluss, das sich gradualisiert in unterschiedlichen Qualitäten auf menschliche und nicht-menschliche Akteure verteilt. Handlungen sind demnach keine singulären Akte, sondern verteilen sich als Handlungsstrom auf verschiedenartige Aktivitäten und Akteure. Dies lässt sich am Beispiel des Fliegens eines Flugzeuges beschreiben. Das Fliegen eines Flugzeugs verteilt sich auf unterschiedliche Akteure (Pilot, Auto-Pilot, Funkanlage, Navigationssystem, Fluglotsen, Triebwerke ...) und verschiedene Aktivitäten (lenken, informieren, antreiben ...) (Rammert, 2009). Erst der Gesamtzusammenhang der Aktivitäten und Akteure führt zu einer sinnvollen Beschreibung des Fliegens eines Flugzeuges.

Ebenen gradualisierten Handelns

Gradualisiertes Handeln verweist auf unterschiedliche Ebenen der Handlungszuschreibung. Die unterschiedlichen Ebenen einer Handlungsträgerschaft werden in einem Drei-Ebenen-Modell berücksichtigt, das nach voraussetzungsärmeren und voraussetzungsreicheren Aspekten des Handelns differenziert. Das Ebenen-Modell trennt begrifflich drei verschiedene Qualitäten des Handelns, wobei sich jede Ebene selbst weiter abstufen lässt.

Tabelle 3: Drei-Ebenen-Modell des gradualisierten Handlungsbegriffs (nach Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002, p. 27)

1. Ebene	Kausalität	Veränderte Wirksamkeit
2. Ebene	Kontingenz	Auch-anders-handeln-Können
3. Ebene	Intentionalität	Intentionale Erklärung

1. Ebene: Kausalität

Auf erster Ebene wird ein schwacher Handlungsbegriff angesetzt, der als Abfolge von Aktivitäten eine Veränderung hervorruft. Zu dieser Ebene des Bewirkens von Veränderung zählt etwa das Ausführen von Anweisungen und vorgegebenen Routinen, die auf der Vollzugsebene kaum einen Unterschied zwischen menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren macht. Ob ein Saugroboter oder eine Person mit einem Staubsauger ein Zimmer reinigt, macht für das Ergebnis eines gereinigten Zimmers - eine vergleichbare Reinigungsqualität vorausgesetzt - kaum einen Unterschied. Ähnlich verhält es sich beim Beziehen von Bargeld von einem Bankangestellten oder einem Bankomaten.

2. Ebene: Kontingenz

Die zweite Ebene fügt dem Hervorrufen von Veränderung die Fähigkeit hinzu, auch anders handeln zu können. Handeln beschränkt sich nicht auf das Abspielen eines vorgegebenen Programms oder das Ausführen von Anweisungen. Auf dieser mittleren Ebene können Handelnde sich an wechselnde oder neuartige Gegebenheiten anpassen, wodurch die Interaktivität als Modus des Handelns entsteht. Für soziale Roboter und Assistenzsysteme ist das Erreichen dieser Handlungsebene wesentlich, da viele der Aufgaben, für die sie entwickelt werden, Interaktion und situativ angepasstes Handeln erfordert: Soll nach dem Sturz einer Person ein Notruf ausgelöst werden? Schläft eine Person gerade und möchte daher nicht gestört werden? Zudem sind soziale Roboter im Alltag laufend mit neuartigen Situationen und Aufgaben in veränderten Umgebungen konfrontiert, auf die sie reagieren müssen. Es müssen Situationsmerkmale identifiziert und der eigenen Aktivitätsrahmen entsprechend angepasst werden können (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002). Die für diese Ebene entscheidenden Handlungsalternativen reichen von der Auswahl zwischen wenigen vorgegebenen Alternativen bis hin zur Selbstgenerierung wählbarer Alternativen durch lernende Systeme oder evolutionäre Algorithmen.

3. Ebene: Intentionalität

Die dritte Ebene graduierten Handelns beinhaltet Intentionalität und Reflexivität als Eigenschaft des Handelns. Das Begründen, Kommunizieren und Nachvollziehbar machen von Verhaltensweisen sind wesentliche Eigenschaften dieser Ebene. Im klassischen philosophischen und sozialwissenschaftlichen Verständnis lässt sich Intentionalität und Reflexivität nur auf bewusstseinsfähige menschliche Subjekte anwenden. Rammert und Schulz-Schaeffer plädieren jedoch für eine stärker operative und pragmatische Auffassung von Intentionalität und Reflexivität (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002). Diese erlaubt es, Intention auf Basis von empirisch beobachtbarem Verhalten zu untersuchen, so als ob Handelnde eine intentionale Struktur besäßen. Ein sozialer Roboter kann sich nicht um eine Person *sorgen*, jedoch können die Begründungen, Handlungen und Verhaltensweisen dahingehend interpretiert werden, als ob er durch eine Art Metaprogramm diese intentionale Struktur besäße, um ein bestimmtes übergeordnetes Ziel zu verfolgen. Auch ein Schachprogramm kann nicht die Intention haben, ein Spiel zu gewinnen, jedoch können die Spielzüge dahingehend interpretiert werden.

Die Differenzierung des Handlungsbegriffes erlaubt es, verschiedene Grade und Ebenen von Handlungsfähigkeiten einer Technik in soziotechnischen Konstellationen zu berücksichtigen. Das verteilte und gradualisierte Handlungskonzept ermöglicht zudem, den Stand technischer Entwicklung und die Art und Weise gesellschaftlicher Deutung und Nutzung zu berücksichtigen (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002).

In Bezug zur verteilten Dimension des Handelns auf menschliche und nicht-menschliche Akteure schafft die Unterscheidung nach dem Drei-Ebenen-Modell eine Differenzierung hinsichtlich des jeweiligen Anteils unterschiedlicher Akteure an den verschiedenartigen Aktivitäten eines Handlungsstroms. Es entsteht daher die Möglichkeit, Akteure nach dem Grad ihres (Mit-)Handelns zu unterscheiden.

7.2. Soziale Roboter als Handlungsträger

Im Unterschied zu Industrierobotern agieren soziale Roboter in menschlichen Alltagssituationen. Handlungen finden nicht in einem klar definierten, industriellen Umfeld, sondern in sich ständig verändernden sozialen Räumen statt. Soziale Roboter interagieren nicht mit geschultem technischem Personal, sondern mit Benutzern verschiedenen Alters, unterschiedlicher sozialer Herkunft und Bildung, die jeweils

unterschiedliche Erfahrungen oder Vorurteile im Umgang mit technischen Objekten besitzen. Diese Umstände lassen die praktische Umsetzung selbst einfach erscheinender routinemäßiger Handlungen auf technische Objekte zu einer komplexen Herausforderung werden.

Assistenztechnologien und soziale Roboter übernehmen meist nur einen Teilbereich einer Gesamtaufgabe. Die Medikamenteneinnahme zuhause verteilt sich beispielsweise auf unterschiedliche Teilhandlungen: zeitgerechtes Erinnern, Dosieren des Medikaments, Abfüllen und Bringen eines Wasserglases, Schlucken des Medikaments. In diesem Handlungsstrom übernehmen Assistenzsysteme bestimmte Handlungen, die erst in sinnvoll abgestimmter Interaktion mit anderen Teilhandlungen als gesamtes die Medikamenteneinnahme bilden.

Tabelle 4: Beispiele für Handlungen von sozialen Robotern und Assistenzsystemen nach dem Modell eines gradualisierten und verteilten Handelns, die jeweils eine Ebene und Dimension des Handlungsbegriffs verdeutlichen

	Beispiel	Verteilung des Handlungsstroms auf verschiedenartige Aktivitäten	Verteilung auf menschliche und nichtmenschliche Akteure
1. Ebene: Veränderte Wirksamkeit	Wohnung reinigen	Staubsaugen, Abstauben, Aufwischen, Fenster reinigen	Personen, Saugroboter, Fenstersauger
2. Ebene: Auch-anders-handeln-Können	Person liegt am Boden	Person aufsuchen, Vorfall abklären, Senden eines Notrufs	Person, Sturzdetektor, mobiler Roboter
3. Ebene: Intentionale Erklärung	Einnahme von Medikamenten zu Hause	Überprüfen, Erinnern, Dosieren, Wasserglas abfüllen, Schlucken	Person, Medikamentenroboter

Die Unterscheidungen nach den verteilten Dimensionen und gradualisierten Ebenen des Handlungsbegriffs treten im Alltag nicht unabhängig voneinander auf und sind nicht immer klar voneinander abzugrenzen. Die Tabelle verdeutlicht das verteilte und gradualisierte Handlungskonzept anhand von Beispielen von Assistenzsystemen und Robotern in Wohnumgebungen. Ob einem technischen System auch eine Intentionalität zugestanden wird, ist situationsabhängig. Wenn ein technisches System eine nachvollziehbare Begründung für ein bestimmtes Handeln geben kann, die bei einem

Menschen als Intention ausgelegt würde, dann wird einem technischen System ebenfalls diese Intention zugestanden.

Verhaltens-, Entscheidungs- und Informationsautonomie

Soziale Roboter besitzen zunehmend eine verstärkte Tendenz zur Eigenläufigkeit, die sich in komplexen Aktionszusammenhängen aus Verhalten, Entscheiden und Informieren zeigt (Rammert, 2009; Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002). Die Verhaltensautonomie erlaubt technischen Objekten das eigenständige Ausführen bestimmter Abläufe. In Verbindung mit einer Entscheidungsautonomie können technische Objekte eine systemeigene Auswahl treffen, wann und wie bestimmte Abläufe ausgeführt werden. Eine weitere Informationsautonomie ermöglicht technischen Objekten Informationen durch den Zugang zum Internet oder anderen Netzwerken eigenständig mit Entscheidungen und Handlungen zu verbinden.

Die Verhaltens-, Entscheidungs- und Informationsautonomie sozialer Roboter sind Voraussetzung für die jeweiligen Handlungsebenen. Um eine veränderte Wirksamkeit herzustellen, bedarf es einer Verhaltensautonomie, die technischen Objekten das Ausführen bestimmter Abläufe erlaubt. Die Handlungsebene des Auch-anders-handeln-Könnens setzt neben der Verhaltensautonomie eine Entscheidungsautonomie voraus. Auf der Grundlage von Entscheidungsregeln kann ein bestimmtes Verhaltensprogramm ausgewählt werden. Die Informationsautonomie kann als zusätzlicher Aspekt auf allen Ebenen des Handelns wirken. Auf der Ebene des Auch-anders-handeln-Könnens wird beispielsweise auf Basis abgefragter Informationen aus dem Internet eine alternative Handlung ausgeführt. Auf der Ebene intentionaler Erklärungen kann eine Handlung durch den eigenständigen Zugang zu Informationsquellen begründet werden.

8. Ko-Konstitution sozialer Räume durch soziale Roboter

Die Anforderungen an Gebäude sind vielseitig. Neben Schutz und Sicherheit ist das Wohnumfeld ein privater Rückzugsort, ein Ort des Komforts, der Unterhaltung und zunehmend der technischen Assistenz. Durch technische Fortschritte in der Vernetzung und Automatisierung werden viele dieser Anforderungen an Gebäude durch technische Systeme vermittelt und unterstützt - von einfachen Geräten bis hin zu sozialen Robotern.

Viele Szenarien über zukünftige Wohnumgebungen beinhalten Roboter in unterschiedlichen Rollen. Neben technischen Fragestellungen wird die Robotik im Alltag bereits aus unterschiedlichen Perspektiven erforscht: ethisch, psychologisch, soziologisch, politisch. Die vermehrte Präsenz robotischer Technologien im Alltag hat jedoch auch eine sozial-räumliche Komponente. Der Einsatz von Robotern wird Wohnumgebungen entscheidend verändern und mitgestalten. Dieses Kapitel vergleicht, wie soziale Räume durch die Handlungen und Wahrnehmungsprozesse von Menschen und sozialen Robotern entstehen. Wie können die Wechselwirkungen robotisch-assistiver Technologien und sozialer Räume differenziert erklärt werden? Auf welchen Ebenen und durch welche Prozesse sind soziale Roboter an der Konstitution sozialer Räume, insbesondere von Wohnräumen, beteiligt?

Eine wesentliche Eigenschaft von Assistenztechnologien ist es, Personen direkt in ihren Lebensräumen zu unterstützen. Assistenzsysteme werden gezielt für Situationen und Aufgaben in sozialen Räumen entwickelt und deren Handlungen ergeben erst dort einen Sinn. Ein Assistenzroboter hebt z.B. einen heruntergefallenen Gegenstand auf oder meldet den Sturz einer Person in deren Wohnung. Der Raum ist daher ein wesentliches Element in der Entwicklung und Anwendung sozialer Roboter. Technische Objekte und sozialer Raum bilden eine soziotechnische Konstellation, die einer differenzierten Analyse bedarf.

Im wissenschaftlichen Diskurs um Assistenztechnologien wird Raum meist als gegebener oder allein von Menschen gestalteter Handlungshintergrund für Technologie verstanden. Werden Menschen, Technologien und Materialien situativ, zielorientiert, und planvoll zu Konfigurationen heterogener Instanzen zusammengestellt, wird von soziotechnischen Ensembles (Biniok, 2016) oder smarten Quartieren gesprochen

(Schubert et al., 2016). Soziale Räume sind jedoch keine starren Strukturen, die mit Technologie angereichert werden, denn soziale Räume werden zunehmend durch die Interaktion von Mensch und Technologie selbst gestaltet. Technologie und sozialer Raum stehen dabei in einer reflexiven Beziehung: Technologie benötigt Raum, um in diesem zu handeln, gleichzeitig konstituiert deren Handeln diesen Raum. Handeln findet innerhalb eines strukturierten Kontextes statt und wirkt dabei selbst strukturierend. Daher orientiert sich diese Arbeit an einem relationalen Raumbegriff, in dem Raum aus Handlungen und Wahrnehmungsprozessen entsteht und erklärt wird.

Im vorherigen Kapitel zu Technik als Handlungsträger wurde bereits dargelegt, dass sich eine klare Trennung zwischen der Technik in reiner Instrumentalfunktion und dem Menschen als autonom handelndem Akteur angesichts der Verflechtung von Mensch und Technik in alltäglichen Handlungen immer weniger aufrechterhalten lässt. Durch eine pragmatische Herangehensweise ist es möglich, die Fragestellung basierend auf den Handlungseigenschaften und Interaktionsfähigkeiten sozialer Roboter zu erörtern. Unterschiedliche Graduierungen der Interaktion und des Handelns können dadurch als Dimension der Raumkonstitution berücksichtigt werden. Die Frage, ob durch Handeln von Technik sozialer Raum entsteht, wird anhand eines Modells verteilter Raumkonstitution entwickelt.

Löws Raumbegriff (2001) erweitere ich in in diesem Kapitel um soziale Roboter und Assistenzsysteme. Vor dem Hintergrund sozialer Roboter und Assistenzsysteme als handelnde Akteure erweist sich Löws Ansatz als besonders geeignet, um die Entstehung von Raum und dessen Eigenschaften in soziotechnischen Konstellationen zu beschreiben. Roboter und Assistenzsysteme werden in dieser Arbeit als Akteure verstanden, die sozial Handeln und soziales Handeln produzieren. Einen Körper zu haben bedeutet zwingend, „dass Raum und die Räumlichkeit sozialer Existenz zum Thema wird“ (Krais, 2001, p. 347). Die Entstehung sozialer Räume kann so durch die Handlungen menschlicher und technischer Akteure beschrieben werden. Die Eigenschaften und Qualitäten dieser Handlungen können auf diese Weise mit den Eigenschaften und Qualitäten der sozialen Räume in Verbindung gebracht werden.

Roboter handeln in sozialen Räumen, gleichzeitig entstehen durch deren Handeln und *Wahrnehmung* soziale Räume. Roboter als verkörperte Technologien positionieren sich aktiv räumlich, lassen sich positionieren und führen Handlungen aus. Durch diese Prozesse weisen soziale Roboter eine eigene Potentialität auf und nehmen Anteil an

einer wechselseitigen Ko-Konstitution von Raum. Es entstehen neuartige soziale Räume, die es in ihrer Struktur und Eigenschaft zu untersuchen gilt.

Die Frage, nach den raumkonstituierenden Prozessen sozialer Roboter wird als ein Konzept erarbeitet, das auf beobachtbaren Eigenschaften und Interaktionsfähigkeiten einer Technik beruht. Da die Rechenprozesse von Robotern für Benutzer meist nicht sichtbar ablaufen und bestenfalls für Benutzer nachvollziehbar sind, stellt sich die Frage nach der Raumkonstitution insbesondere bereits als Teil der Entwicklung und Programmierung von Robotern.

8.1. Sozialer Raum als Anordnungs- und Wahrnehmungsprozess

In Löws (2001) handlungstheoretischem Ansatz entsteht Raum durch eine relationale (An)Ordnung von Lebewesen und sozialen Gütern. Unter sozialen Gütern werden im Wesentlichen die materiellen "Bausteine" von Räumen verstanden, wie etwa Tische, Stühle oder Wände, aber auch Gegenstände wie etwa Straßenschilder, die über ihre Materialität hinaus symbolische Eigenschaften besitzen.

An der Konstitution von Raum sind zwei analytisch zu unterscheidende Prozesse beteiligt: das *Spacing* und die *Syntheseleistung*. *Spacing* beschreibt die Entstehung von Raum durch Handeln. Es bezeichnet das Errichten und Bauen, das Platzieren von sozialen Gütern und Menschen, und das Positionieren symbolischer Markierungen. In diesem Raummodell wird die Konstitution von Raum unmittelbar in den Prozess des Handelns eingebunden. Handeln wird als raumbildend verstanden.

Der zweite Prozess in der Entstehung von Raum ist die Syntheseleistung, in der über Wahrnehmungs-, Vorstellungs- oder Erinnerungsprozesse soziale Güter und Menschen zu Räumen zusammengefasst werden. Die Syntheseleistung bezeichnet den analytischen Blick auf den Raum, die Konstitutionsleistung, die es ermöglicht, Ensembles verschiedener Elemente zu einem Element zusammenzufassen. Im alltäglichen Handeln existieren *Spacing* und *Syntheseleistung* stets gleichzeitig.

Die Tabelle zeigt die Prozesse der Raumkonstitution *Spacing* und *Syntheseleistung* nach den Dimensionen Mensch und soziale Güter. Die Differenzierung im Prozess des *Spacing* zwischen Mensch und Lebewesen auf der einen Seite und sozialen Gütern auf der anderen Seite verläuft entlang der Unterscheidung eines *aktiven* sich Positionierens (Feld 1) und eines sich ausschließlich *passiv* Positionieren lassens (Feld 2). Während

sich also Lebewesen und soziale Güter positionieren lassen, sind es nur Menschen und andere Lebewesen, die sich auch selbst positionieren.

Durch den Prozess der Syntheseleistung verknüpfen Menschen über Vorstellungs-, Wahrnehmungs- und Erinnerungsprozesse soziale Güter und Lebewesen zu Räumen (Feld 3). Dieser Prozess ist nach Löw ebenso wie das sich-Positionieren auf Menschen und Lebewesen beschränkt, weshalb es keine Entsprechung für diesen Prozess bei sozialen Gütern gibt (Feld 4).

Tabelle 5: Kreuztabellierung nach den Prozessen der Raumkonstitution und Dimensionen Mensch/soziale Güter (nach Löw, 2001)

	Menschen (Lebewesen)	soziale Güter (Objekte)
Spacing	(1) Errichten, Bauen, sich positionieren, sich positionieren lassen	(2) sich positionieren lassen
Syntheseleistung	(3) Wahrnehmungs-, Vorstellungs-, Erinnerungsprozesse	(4) -

Löws Raumbegriff liegt eine Dualität des Raumes zugrunde. Sie bezieht sich dabei auf die Dualität der Struktur in Giddens Strukturierungstheorie, welche die Wechselwirkung zwischen dem Handeln des Individuums und sozialen Strukturen erklärt, und leitet daraus eine Dualität des Raumes ab (vgl. Giddens, 1988). Die Dualität des Raumes beschreibt, dass sich Akteure in ihren Handlungen auf soziale Räume beziehen und durch ihr Handeln gleichzeitig soziale Räume hervorbringen und reproduzieren. Handlungen und soziale Räume stehen somit in einem wechselseitigem Bezug zueinander.

Durch diesen relationalen Raumbegriff können die gegenwärtigen Veränderungen der Raumphänomene und deren räumlichen Organisation erklärbar werden. Löw erläutert diesen Wandel anhand exemplarischer Beispiele und Analysen zu verinselten Räumen, *global cities*, geschlechtsspezifischen Räumen und neuen virtuellen Räumen. Insbesondere das gleichzeitige Auftreten realer und virtueller Präsenzen lassen „Zweifel an der Vorstellung des einheitlichen Raumes“ zu und verdeutlichen dessen Heterogenität und Diskontinuität (Löw, 2001, p. 88). Es bedarf daher eines Raumbegriffs, der in der Lage ist, die Vielfältigkeit und Gleichzeitigkeit sich überlappender Räume an einem Ort zu erfassen.

Orte sind von Räumen begrifflich zu unterscheiden. Ein Ort bezeichnet einen Platz oder eine Stelle, konkret benennbar, einzigartig und meist geografisch markiert. Folgt man Löws Konstitution von Raum als Prozess der Platzierung und der Syntheseleistung, so sind Orte Ziel und Resultat von Platzierungen. Platzierungen setzen Orte voraus, an denen eine Platzierung stattfinden kann. Ebenso entstehen Orte durch Platzierungen, können aber auch ohne das Platzierte zeitlich durch dessen symbolische Wirkung bestehen bleiben und dadurch für anderen Besetzungen zur Verfügung stehen. Ein abgerissenes Gebäude bleibt in der Erinnerung einer Person mit dem Ort, an dem es gestanden hat verknüpft, auch wenn dort bereits ein neues Gebäude steht. Die symbolische Markierung eines Parkplatzes konstituiert einen Raum, der zwischenzeitlich nicht für andere Nutzungen zur Verfügung steht, auch wenn sich gerade kein Auto auf dem Parkplatz befindet. In der Wahrnehmung, Erinnerung und Vorstellung verschmelzen Objekte und Menschen mit den Orten, an denen sie wahrgenommen, erinnert oder vorgestellt werden.

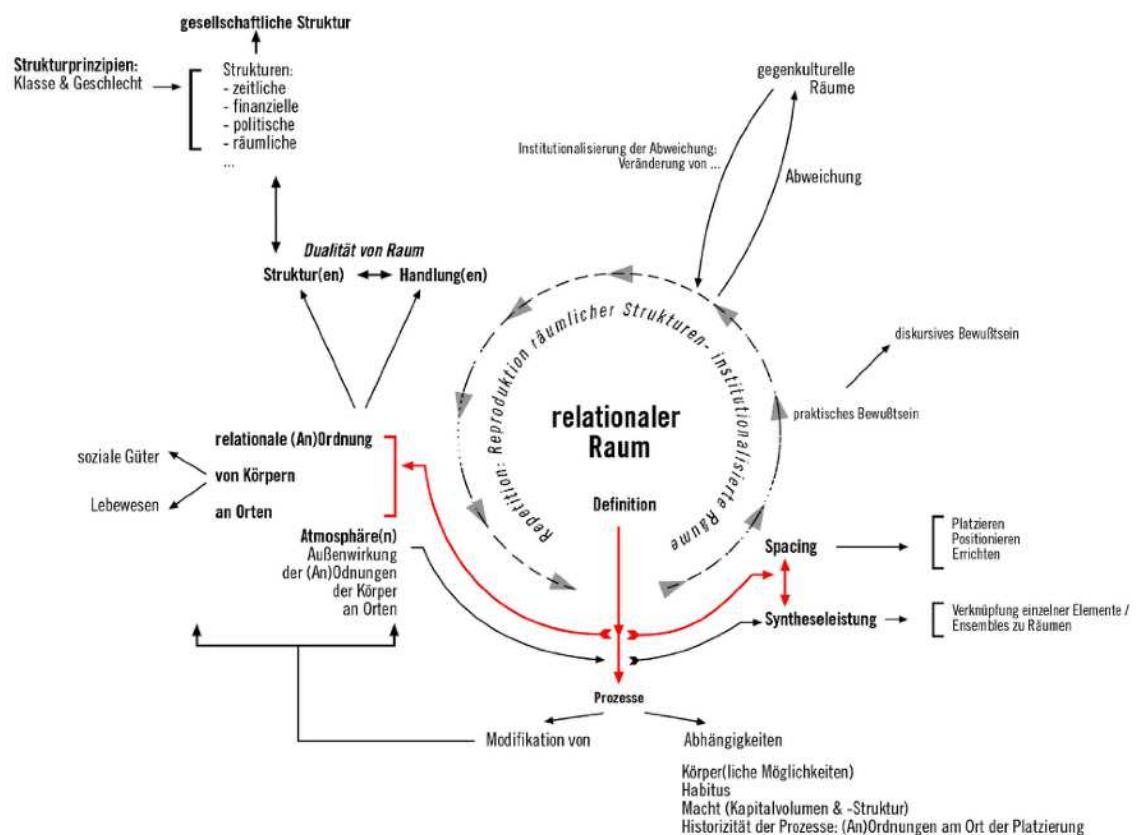
Sozialer Raum entsteht in dieser Synthese aus physisch gebauten Strukturen mit kulturellen Bedeutungen, gesellschaftlichen Verhältnissen und Machtbeziehungen. Die Unterscheidung von Räumen und Orten berücksichtigt eine individuelle und gesellschaftliche Konstitution von Räumen. Die Position, also der Ort des Konstituierenden, ist ein wesentlicher Einflussfaktor der Raumkonstitution. Giedion beschreibt die Essenz des Raumes als die „unendlichen Möglichkeiten seiner inneren Beziehungen. Eine erschöpfende Beschreibung von einem einzigen Augenpunkt aus ist unmöglich. Sein Aussehen wechselt mit dem Punkt, von dem aus er gesehen wird“ (Giedion, 1965, p. 280). An dem gleichen Ort können daher unterschiedliche Räume entstehen, die nebeneinander stehen, ausgehandelt werden oder in Konkurrenz zueinander existieren. Die Verfügungsmöglichkeit über Räume wird so zum Gegenstand sozialer Aushandlungen.

8.2. Dimensionen der Konstitution sozialer Räume

Die Konstruktion von Räumen lässt sich entlang folgender Dimensionen beschreiben (Löw, 2001, p. 161): routinierte Bahnen des Handelns, strukturelle Dimension des Räumlichen, Einsatz des Körpers, der Habitus, Veränderungspotentiale, Bedeutung von Symbolik und Materialität, Konstitution zu Orten, Herausbildung von Atmosphären . Im Folgenden werden diese Dimensionen kurz erläutert:

- Routinierte Bahnen des Handelns (vgl. Löw, 2001, p. 166): Durch Routinehandlungen werden räumliche Strukturen repetitiv konstituiert. Repetitive Handlungen tragen dazu bei, dass bestehende oder beabsichtigte räumliche Strukturen gefestigt und immer wieder hergestellt werden. Alltägliches Handeln ist in einem hohen Ausmaß repetitiv.
- Strukturelle Dimension des Räumlichen (vgl. Löw, 2001, p. 170): Handeln findet innerhalb eines strukturierten Kontextes statt und wirkt dabei selbst strukturierend. Das in Routinen organisierte Handeln steht dabei in einem rekursiven Prozess zu gesellschaftlichen Strukturen: Gesellschaftliche Strukturen ermöglichen und verhindern bestimmtes Handeln, welches dann diese Strukturen, die es ermöglichen, wiederum reproduziert.
- Einsatz des Körpers und des Habitus (vgl. Löw, 2001, p. 179): Die zwei Strukturkategorien Klasse und Geschlecht sind Prinzipien, welche jeden Bereich des Lebens durchziehen und somit auch den Körper. Der Habitus als die Einschreibung sozialer Strukturen in den Körper durchzieht jede Form des Handelns.
- Veränderungspotentiale (vgl. Löw, 2001, p. 185): Neben den repetitiven und habitualisierten Aspekten des Handelns besteht im Handeln auch die Möglichkeit, abweichend oder verändernd zur alltäglichen Praxis Raum zu konstituieren. Abweichungen führen zu einer Variation des Handlungsspektrums. Mit Veränderungen geht das Ablegen alter Gewohnheiten zugunsten neuer Routinen einher.
- Bedeutung von Symbolik und Materialität (vgl. Löw, 2001, p. 192): Handlungssituationen setzen sich aus einer materiellen und einer symbolischen Komponente zusammen. Materielle Aspekte bezeichnen die Wechselwirkung zwischen Handelnden und der materieller Umwelt. Die symbolische Komponente beschreibt ein Handeln, das sich etwa an Werten, Normen oder Rollenerwartungen orientiert.
- Konstitution von Räumen zu Orten (vgl. Löw, 2001, p. 198): Orte sind Ziel und Resultat von Platzierungen. Orte bezeichnen eine konkret benennbare und meist geografisch markierte Stelle. Am gleichen Ort können unterschiedliche Räume entstehen, die ausgehandelt werden, nebeneinander stehen oder in Konkurrenz zueinander existieren.

- Herausbildung von Atmosphären (vgl. Löw, 2001, p. 204): Atmosphären sind die in der Wahrnehmung realisierte Außenwirkung sozialer Güter und Menschen in ihrer räumlichen (An)Ordnung. Sie bezeichnen die spür- und wahrnehmbare unsichtbare Seite sozialer Räume, eine *Gestimmtheit*, die über die Wahrnehmung der einzelnen Objekte hinausgehend auf die Raumkonstitution wirkt. Atmosphären sind damit weder rein auf die Eigenschaft eines Objektes reduzierbar, noch reine Projektion eines Subjektes auf ein Objekt. Sie entstehen in der Wechselwirkung eines wahrgenommenen Objektes mit einem wahrnehmenden Subjekt.



Modell des relationalen Raumes nach Löw (Stoetzer, 2008, p. 11)

Kritikpunkte an Martina Löws Raumsoziologie

Martina Löws Raumsoziologie wurde im soziologischen Diskurs und darüber hinaus vorwiegend positiv aufgenommen, wobei auch einzelne Kritikpunkte geäußert wurden. Bevor einige Kritikpunkte an Löws Raumverständnis – im Original zitiert – wiedergegeben:

Die Entstehung des Raums ist ein soziales Phänomen und damit nur aus den gesellschaftlichen Entwicklungen heraus, das heißt auch als prozesshaftes Phänomen, zu begreifen. Raum wird konstituiert als Synthese von sozialen Gütern, anderen Menschen und Orten in Vorstellungen, durch Wahrnehmungen und Erinnerungen, aber auch im Spacing durch Platzierung (Bauen, Vermessen, Errichten) jener Güter und Menschen an Orten in Relation zu andern Gütern und Menschen. Die Konstitution von Raum (Synthese und Spacing) vollzieht sich im Alltag vielfach in Routinen. Über die repetitiven Handlungen werden räumliche Strukturen rekursiv reproduziert. Räumliche Strukturen sind in Institutionen eingelagert, die durch relationale Platzierungen und das Wiedererkennen bzw. das Reproduzieren dieser (An)Ordnungen repetitiv wiederholt werden. Räumliche Strukturen sind eine Variante gesellschaftlicher Strukturen.“
(Löw, 2001, p. 263)

Einige der angebrachten Kritikpunkte beziehen sich auf die Interpretation anderer Autoren sowie deren Theorien und Begrifflichkeiten, wofür die umfassend diskutierte theoretische Literatur in Löws Arbeit durchaus eine Angriffsfläche bietet. Petra Deger kritisiert etwa die kritiklose Übernahme der Strukturationstheorie und des Handlungsbegriffs von Giddens (Deger, 2002). Beate Kraus hätte in der Erörterung des sozialen Feldes und des sozialen Raumes bei Bourdieu teilweise anders argumentiert (Kraus, 2001). In einer Rezension schreibt Beate Kraus jedoch, dass „Löw mit ihrer Arbeit zur Soziologie des Raumes den soziologischen Horizont weiter, offener gemacht hat“ und hebt die theoretischen wie empirischen Bezüge positiv hervor (2001, p. 348).

Über Löws Raumbegriff befindet Sergej Stoetzer, dass dieser – etwa im Vergleich zu Bourdieus Betrachtung – empirisch schwerer umsetzbar ist, „dafür aber weder eine räumliche Trennung von sozialem, physikalischem oder geographischem Raum vornimmt, noch die ‚Außenwirkung‘ der materiellen Umwelt als Sedimente vergangener Handlungen passiv werden lässt“ (Stoetzer, 2008, p. 10).

In einer Kritik an Martina Löws Raumsoziologie (2001) rückt Heinz Arnold das Raummodell in die Nähe eines positivistischen Physikalismus, da es den „Eigencharakter gesellschaftlich bestimmter Raumsysteme und -entwicklungen gegenüber naturwissenschaftlich analysierbaren (biologischen oder physikalischen) Raumphänomenen ignoriert“ (Arnold, 2001, p. 104). Bezogen auf den Anordnungsbegriff, der für soziale Güter und Menschen gilt, hätte nach Arnold eine

gesellschaftswissenschaftliche Perspektive zu fragen, welche Interessen, gesellschaftlichen Verhältnisse, ökonomische und politische Bezüge oder Machtbeziehungen den Anordnungen zu Grunde liegen.

8.3. Prozesse der Ko-Konstitution sozialer Räume durch Roboter

Anhand folgender Fragestellungen und aufbauend auf Löws oben beschriebener Theorie des sozialen Raumes wird das Verhältnis von Assistenzsystemen und sozialen Robotern zum sozialen Raum entwickelt:

- Auf welchen Ebenen und durch welche Prozesse sind soziale Roboter an der Konstitution sozialer Räume in Wohnumgebungen beteiligt?
- Worin unterscheidet sich die Konstitution sozialer Räume durch Assistenztechnologien von menschlicher Raumkonstitution?

Der soziale Raum findet sowohl in der Entwicklung robotischer Systeme, als auch im aktuellen wissenschaftlichen Diskurs zur sozialen Robotik und der Mensch-Roboter-Interaktion bislang wenig Beachtung. Löws Ansatz erlaubt es, aus einer handlungstheoretischen Perspektive die Rolle sozialer Roboter in der Entstehung sozialen Raumes zu diskutieren. In diesem Kapitel wird daher Löws Theorie des sozialen Raumes um technische Systeme als Handlungsträger erweitert. Dadurch nehmen Assistenzsysteme und soziale Roboter Anteil an der Konstitution sozialer Räume. Ein Raumverständnis, das es ermöglicht, Raum und Handeln in Bezug zueinander zu setzen, fokussiert die Beziehung sozialer Roboter als Handlungsträger und deren Verhältnis zum sozialen Raum. Dadurch kann ein besseres Verständnis für die Interaktion technischer Systeme mit dem Menschen, dessen Handlungen und den sozialen Räumen erzielt werden.

In Bezug auf den Handlungsbegriff baut diese Arbeit auf dem Konzept eines gradualisierten Handlungsbegriffs von Rammert und Schulz-Schaeffer (2002) auf, d.h., verteiltes Handeln findet in soziotechnischen Konstellationen statt. Vor dem Hintergrund sozialer Roboter und Assistenzsysteme als Handlungsträger erweist sich Löws Ansatz als besonders geeignet, um die Entstehung von Raum und dessen Eigenschaften zu beschreiben. Dieses Raummodell teilt die Konstitution von Raum analytisch in Anordnungsprozesse (Spacing) und Wahrnehmungsprozesse (Syntheseleistung). Diese Prozesse können den Teilsystemen eines Roboters – Sensoren, Steuerungseinheit und

Aktoren – zugeordnet werden. Sensoren und Teile der Steuerungseinheit empfangen Daten zur Umwelt- und Selbstwahrnehmung (Syntheseleistung). Teile der Steuerungseinheit und Aktoren leisten die Aktionsfähigkeiten des Roboters (Spacing). Das sinnvolle Zusammenspiel dieser Einheiten kann als Handlungen des technischen Systems beobachtet werden.

Die Entstehung sozialer Räume kann dadurch aus den Handlungen des technischen Systems heraus beschreiben werden. Unter den Handlungen eines technischen Systems werden dessen Interaktionen mit der Umwelt, also den Menschen, anderen Lebewesen und Objekten verstanden. Die Eigenschaften und Qualitäten dieser Interaktion werden damit unmittelbar zu den Eigenschaften und Dimensionen der durch die Interaktion konstituierten sozialen Räume.

Wenn sozialer Raum durch das Zusammenwirken materieller und symbolischer Komponenten entsteht, in welcher Weise sind Roboter an der Konstitution sozialer Räume beteiligt? Ähnlich dem Ansatz der *Media Equation* (Reeves & Nass, 1996), die sozialwissenschaftliche Erkenntnisse im Umgang von Menschen untereinander auf den Umgang von Menschen mit Medien und Technologien beziehen, werden hier Löws Thesen zur Entstehung des sozialen Raumes auf Assistenzsysteme und soziale Roboter übertragen. Lässt sich also die Aussage - Räume entstehen dadurch, dass sie aktiv durch Menschen verknüpft werden - erweitern zu: Räume entstehen dadurch, dass sie aktiv durch Assistenzsysteme und soziale Roboter verknüpft werden?

Durch diesen Ansatz soll in keiner Weise eine Gleichstellung von Mensch und Roboter nahegelegt werden. Vielmehr dient dieser Ansatz dazu, die Prozesse und Unterschiede in der Entstehung sozialen Raumes zu verstehen, um daraus mögliche Implikationen für die Entwicklung sozialer Roboter und Assistenzsysteme abzuleiten.

Die Arbeitshypothese lautet, dass auch durch technische Handlungs- und Wahrnehmungssysteme sozialer Raum konstituiert wird. Roboter sind nicht nur in der Lage, Gegenstände zu platzieren, sondern können sich auch aktiv positionieren oder sich positionieren lassen. Aufgrund der Handlungsträgerschaft von Assistenzsystemen bedarf es Überlegungen dazu, auf welchen Ebenen und durch welche Prozesse Assistenztechnologien an der Konstitution sozialer Räume beteiligt sind.

Spacing als Prozess technischen Handelns

Soziale Roboter sind – wie wir Menschen - in zweifacher Hinsicht an der Entstehung von Raum beteiligt. Roboter sind einerseits soziale Güter, die platzierbar sind, sich selbst platzieren oder andere Objekte oder Personen platzieren (Spacing). Andererseits konstituieren sie durch ihre *Raumwahrnehmung* selbst Räume, die sich als Syntheseleistung beschreiben lassen.

Soziale Roboter werden für die unterschiedlichsten Rollen konzipiert: von der spielerischen Unterhaltung über Aufgaben im Pflegebereich bis hin zum persönlichen Assistenten. Soziale Roboter sind keine reinen Werkzeuge, die uns helfen eine Handlung besser, effizienter oder überhaupt erst auszuführen, wie beispielsweise ein Hammer, ein Taschenrechner oder ein Smartphone. Eine wesentliche Aufgabe sozialer Roboter ist es, Handlungen (teil)autonom auszuführen oder zusammen mit menschlichen Akteuren Handlungen zu unterstützen. Einige der Hauptanwendungsgebiete sind das Bringen und Tragen von Gegenständen, Unterstützung der Mobilität und Unterstützung bei der persönlichen Pflege und Haushaltsführung (Payr et al., 2015). Das Tragen eines Getränks von der Küche in das Wohnzimmer oder das Aufheben von Gegenständen – so einfach oder komplex in der Ausführung – erfordert das Erfassen räumlicher Strukturen und das Platzieren von Objekten, Menschen oder des Roboter selbst. Basieren diese Handlungen auf einer Verhaltens-, Entscheidungs- und Informationsautonomie, nehmen soziale Roboter dadurch Anteil an einer verteilten Ko-Konstitution sozialer Räume.

Syntheseleistung als Prozess technischer Raumerfassung

Die menschliche Konstitution von Raum erfolgt in einer Syntheseleistung, in der über Wahrnehmungs-, Vorstellungs- oder Erinnerungsprozesse Ensembles sozialer Güter und Menschen zusammengefasst werden. Welches Sensorium besitzen soziale Roboter um Raum zu erfassen? Welche Möglichkeiten und Einschränkungen ergeben sich daraus?

Meist sind Roboter mit einer Vielzahl an Sensoren ausgestattet. Kameras, Laser, Ultraschall oder Lidar erfassen Informationen über die Umgebung, die von Algorithmen wie *object recognition*, *image segmentation*, *semantic scene labeling* verarbeitet werden (Koppula, Anand, Joachims & Saxena, 2011). Diese Methoden ermöglichen es technischen Systemen Objekte abzugrenzen, sie zu kategorisieren und sie zu räumlichen Konstrukten zusammenzufügen. Dadurch werden einzelne Pixel zu Bereichen verknüpft, Bereiche zu Objekten und Objekte zu Räumen verbunden (Varvadoukas,

Giannakidou, Gómez & Mavridis, 2012). Für die Objekterkennung werden vermehrt Ansätze des maschinellen Lernens oder Deep Learning eingesetzt.

Die Synthese von Räumen beinhaltet auch die Bestimmung der eigenen Position. Bei vielen Anwendungen haben mobile Roboter zunächst weder Informationen über die eigene Position noch eine Karte der Umgebung. Der Prozess der gleichzeitigen Lokalisierung des Roboters und der Kartenerstellung von der Umgebung wird als *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM) bezeichnet. Um das Problem der simultanen Positionsbestimmung und Kartenerstellung zu lösen, verwenden die meisten SLAM-Verfahren einen inkrementellen Ansatz. Zunächst wird auf einer Karte mit dem Roboter am Koordinatenursprung eine erste Messung der Umgebung eingetragen. Aus der Überlappung weiterer Messungen mit bereits referenzierten Messungen wird die räumliche Bewegung des Roboters berechnet, wodurch auch die neue Messung in die Karte eingetragen werden kann. Auf diese Art und Weise wird kontinuierlich eine Karte der Umgebung erstellt.

Neben visuellen Informationen verwendet der humanoide Roboter Pepper (Softbank/Aldebaran) auch sprachliche Äußerungen von Personen zur Bestimmung seiner räumlichen Position. Der Roboter nutzt vier Mikrofone, um aus der zeitlichen Differenz der Schallwellen mittels Laufzeitdifferenz die Position einer sprechenden Person zu orten.

Der Ansatz des Raum-Spiels (Schürer, Müller, Hubatschke & Stangl, 2016) wurde im Kapitel *Künstlerische Ansätze zur Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion* vorgestellt. Die Konstitution eines Raummodells basiert auf der sprachlichen Interaktion zwischen Mensch und Roboter. Ein Roboter erhält Informationen über Objekte und seine Umgebung mittels eines Frage-Antwort Dialogs mit einer Person. Aus diesen Informationen entsteht ein Raummodell, das die menschliche Wahrnehmung mit technischen Wahrnehmungssystemen verbindet.

Erweiterung der Raumkonstitution um soziale Roboter

In Löws handlungstheoretischem Modell verläuft die Unterscheidung zwischen Menschen und sozialen Gütern entlang des Zugeständnisses von Handlungs- und Wahrnehmungsfähigkeit. Wenn wir jedoch - wie zuvor ausgeführt - die Handlungsfähigkeit nach der Zuschreibung von Handlungseigenschaften und Interaktionsfähigkeiten beurteilen, lässt sich auch die analytische Unterscheidung der

Raumkonstitution zwischen Menschen und Objekten nicht aufrechterhalten. Daher können wir auch bei sozialen Robotern zwei Prozesse der Konstitution sozialer Räume unterscheiden.

Die folgende Tabelle benennt die Prozesse Spacing und Syntheseleistung nach den Dimensionen Menschen und soziale Güter (Felder 1-4) und erweitert sie um die Dimension sozialer Roboter (Felder 5,6).

Tabelle 6: Kreuztabellierung nach den Prozessen der Raumkonstitution (Löw, 2001) und Erweiterung um die Kategorie soziale Roboter

	Menschen (Lebewesen)	soziale Güter (Objekte)	soziale Roboter
Spacing	(1) Errichten, Bauen, sich positionieren, sich positionieren lassen	(2) sich positionieren lassen	(5) sich positionieren, sich positionieren lassen, Objekte oder Personen positionieren
Syntheseleistung	(3) Wahrnehmungs-, Vorstellungs-, Erinnerungsprozesse	(4) -	(6) Algorithmen (z.B. object recognition, semantic scene labeling, SLAM) verarbeiten Informationen aus Sensoren (z.B. Kamera, Laser, Lidar, Mikrofon)

Soziale Roboter unterscheiden sich von sozialen Gütern, indem sie über Sensoren Raum erfassen (Syntheseleistung) und sich selbst, andere Objekte oder Personen mithilfe von Aktoren positionieren (Spacing). Der Mensch fasst über Wahrnehmungs-, Vorstellungs- oder Erinnerungsprozesse Objekte und Menschen zu Räumen zusammen.

Assistenzsysteme können Räume ebenso durch unmittelbar erfasste Informationen konstituieren, durch die Verarbeitung zuvor gespeicherter oder über Netzwerke geladene Informationen.

Für die Bewältigung der Aufgaben eines Saugroboters ist nicht notwendigerweise eine Syntheseleistung erforderlich. Ein Saugroboter, der keine Informationen über seine Umgebung hat und nach vorgegebenen Algorithmen im Raum navigiert, benötigt keine oder nur eine sehr eingeschränkte Syntheseleistung. Er kann jedoch durch seine potenzielle Anwesenheit und seine Aktivitäten Auswirkungen auf Räume haben. Teile einer Wohnung werden beispielsweise nicht oder nur eingeschränkt genutzt, wenn der Saugroboter aktiv ist. Eine Wohnung kann an die Funktionsweise eines Saugroboters angepasst sein, indem Möbel so arrangiert werden, dass keine störenden Gegenstände

am Boden liegen, oder dass ein speziell definierter Bereich für den Roboter nicht erreichbar ist.

Tabelle 7: Beispiele der Raumkonstitution im Handeln von Mensch und soziale Roboter

	Menschen	soziale Roboter
Spacing	Bauen von Häusern, Errichten von Grenzen, Platzieren von Gegenständen, Sich-Positionieren zu anderen Menschen	Gegenstand aufheben, sich frei in einer Wohnung bewegen
Syntheseleistung	Kirche betrachten, Ort aus der Kindheit erinnern	eigene Position erkennen, Karte der Umgebung erstellen, Hindernis erkennen, Person orten

Die Überlegungen zu sozialen Robotern als raumkonstituierende Handlungsträger wirft die Frage auf, ob sich die Aussagen zur Raumkonstitution auf jede Art von Technik oder nur auf Technik mit bestimmten Eigenschaften und Voraussetzungen beziehen sollen. Hierfür können die zuvor beschriebenen Prozesse der Raumkonstitution Spacing und Syntheseleistung auf das Ebenenmodell des verteilten und graduasierten Handelns (siehe Kapitel *Technik als Handlungsträger*) bezogen werden.

Tabelle 8: Anforderungen an die Prozesse der Raumkonstitution nach den Ebenen graduasierten Handelns

	Spacing	Syntheseleistung
1. Ebene: Veränderte Wirksamkeit	Handlung wird unabhängig von Syntheseleistung ausgeführt	keine bis einfache Syntheseleistungen
2. Ebene: Auch-anders-handeln-Können	der Technik stehen unterschiedliche Handlungsvarianten zur Verfügung	Erfassen von Umgebungsparametern bis zur Erstellung komplexer Modelle der Umgebung
3. Ebene: Intentionale Erklärung	Handlungen können durch das Erkennen veränderter Umgebung begründet werden	veränderte Umgebungen können sinnvoll erfasst und bewertet werden

Am Beispiel eines Saugroboters können die unterschiedlichen Ebenen des graduasierten Handelns veranschaulicht werden. Damit ein technisches System einer

Ebene zugeordnet werden kann, müssen Spacing und Syntheseleistung sinnvoll zusammenwirken. Betrachtet man das Ergebnis einer gereinigten Wohnung, so lässt sich dieses als veränderte Wirksamkeit beschreiben. Die Einzelhandlungen eines Saugroboters, etwa vor einer Treppe zu stoppen und die Bewegungsrichtung anzupassen, beinhaltet die Fähigkeit des Auch-anders-handeln-Könnens. Diese Ebene erfordert, dass Sensoren Informationen über die Umgebung erfassen und dass gleichzeitig Handlungsvarianten für eine sinnvolle Reaktion zur Verfügung stehen. Erkennen verteilte Sensoren in der Wohnung eine Verunreinigung und wird daraufhin eine gezielte Reinigung gestartet, kann dem System die Intention zugesprochen werden, die Wohnung sauber zu halten.

8.4. Zweite Zwischenbilanz zur Ko-Konstitution sozialer Räume

Soziale Roboter stehen in Bezug zu räumlichen Strukturen und gestalten diese mit. Der hier beschriebene Ansatz analysiert aus einer handlungstheoretischen Perspektive die Prozesse der Entstehung sozialer Räume. Aus dieser Perspektive nehmen soziale Roboter eine neuartige Position zwischen Menschen und sozialen Gütern ein. Sie besitzen durch ihre Verhaltens- und Entscheidungsautonomie eine Handlungsträgerschaft, die sich auf die Struktur und Eigenschaft sozialer Räume auswirkt. An sozialen Robotern lassen sich ebenso wie bei Menschen zwei Prozesse zur Entstehung sozialer Räume unterscheiden: Anordnungs- und Syntheseprozesse.

Wenn Raum in der Wechselwirkung von Handeln und Wahrnehmen entsteht, dann nehmen soziale Roboter durch ihr Handeln Anteil an der Konstitution von Raum. Sie tun dies nicht nur als soziale Güter, die sich von Menschen (an)ordnen lassen, sondern indem sie soziale Güter, sich selbst und auch Menschen (an)ordnen. Zudem erfassen sie mithilfe von Sensoren Informationen über Objekte und Räume, die wiederum als Grundlage für Handlungsentscheidungen dienen. Algorithmen wie *object recognition*, *image segmentation*, *semantic scene labeling* ermöglichen es technischen Systemen Objekt abzugrenzen, sie zu kategorisieren, sie zu räumlichen Modellen zusammenzufügen und ihre eigene Position mittels SLAM-Verfahren zu bestimmen.

Soziale Roboter unterscheiden sich daher von sozialen Gütern, indem sie über Sensoren Raum erfassen (Syntheseprozesse), sich selbst platzieren und andere Objekte oder Personen platzieren (Anordnungsprozesse). Um autonome und situativ angepasste Handlungen auszuführen, existieren die Prozesse des Spacing und der Syntheseleistung

auch bei sozialen Robotern gleichzeitig und greifen sinnvoll ineinander. Damit beispielsweise ein mobiler Roboter einem Hindernis ausweichen kann, müssen dieses erkannt, eine geänderte Route geplant und Aktoren entsprechend angesteuert werden.

Viele Aufgaben sozialer Roboter besitzen einen repetitiven Charakter. Gerade im Wiederholen von Handlungen in klar strukturierten Kontexten offenbaren sich ihre Potenziale. Durch Routinehandlungen werden auch räumliche Strukturen repetitiv konstituiert. Repetitive Handlungen tragen dazu bei, dass bestehende oder beabsichtigte räumliche Strukturen gefestigt und immer wieder hergestellt werden. Beispielsweise das Suchen eines Gegenstandes in einer Wohnung durch einen Assistenzroboter und das Zurückbringen an einen bestimmten Ort stellt eine repetitive Handlung dar, die eine beabsichtigte Ordnung herstellt. Eine beabsichtigte Ordnung kann auch darin bestehen, dass überwacht wird, ob sich eine Person zu bestimmten Zeiten an bestimmten Orten aufhält.

Neben repetitiven Handlungen ermöglicht maschinelles Lernen sozialen Robotern die Reaktion auf neue Gegebenheiten und Aufgabenstellungen. Ob technische Systeme nach ihren vorprogrammierten Anweisungen oder nahezu selbständig handeln, bestimmt ihren Grad der Autonomie. In dem Maße, in dem die Handlungen technischer Systeme verstärkt auf einer Verhaltens-, Entscheidungs- und Informationsautonomie der Technik selbst basieren und weniger einer Person zugeordnet werden können, die ein System steuert, verschieben sich auch die Anteile der Raumkonstitution zwischen Mensch und Technik hin zu einer verteilten Ko-konstitution der sozialen Räume durch menschliche und technische Akteure. Um die Anteile der Raumkonstitution durch Technik zu beschreiben, können die Konstitutionsprozesse sozialer Räume auf die drei Ebenen des gradualisierten Handelns (Veränderte Wirksamkeit, Auch-anders-handeln-Können, Intentionale Erklärung) bezogen werden.

Die Gegenüberstellung der raumkonstituierenden Prozesse von Menschen und technischen Systemen verdeutlicht, dass die Synthese von Raum ein Prozess ist, der auf unterschiedlichen Wahrnehmungssystemen beruht. Dies führt dazu, dass unterschiedliche Räume konstituiert werden, deren Deutung jedoch als Basis für Entscheidungen und Handlungen dient. Es stellt sich die Frage, wie eine Aushandlung dieser Räume für eine gelungene Interaktion und Kooperation zwischen Mensch und Roboter in Wohnumgebungen gelingen kann. Dieser Frage wird im folgenden Kapitel nachgegangen.

ABSCHNITT III: ANWENDUNGSFELDER

9. Wohnumgebungen und soziale Roboter

„Our homes will be their homes.“

(Lipp, 2016)



With Robots (2011) Diego Trujillo-Pisanty (Quelle: <http://trujillodiego.com/work/withrobots.html/> [Zugriff: 25.07.2019])

Wohnumgebungen sind Orte spezialisierter menschlicher Verhaltensweisen und Bedürfnisse. Die Aspekte physische Nähe, zeitliche Exposition und Intimität stellen spezifische Anforderungen an den Einsatz sozialer Roboter im Zuhause. Technologien treten dabei als konstitutive Vermittler sozialer Prozesse in der Beziehung des Menschen zu seiner Umwelt auf. Aufbauend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Kapitel wird in diesem Kapitel auf die Integration sozialer Robotern in Wohnumgebungen eingegangen. Als Perspektive dienen die erweiterten technik- und raumsoziologischen Modelle von (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002) und (Löw, 2001). Auf strukturell-räumlicher Ebene werden soziale Roboter in ihrem wechselseitigen Verhältnis zu Gebäuden diskutiert. Hierzu werden unterschiedliche Ansätze vorgestellt, um das Wechselwirkungsverhältnis sozialer Roboter und Wohnumgebungen zu beschreiben. Soziale Roboter und Assistenzsysteme werden

hierfür als raum-konstituierende Handlungsträger verstanden. Sie sind demnach nicht nur Elemente *im* Raum, sondern konstituierende Elemente des Raumes selbst.

Die Körper- und Techniksoziologie stellt eine systematische Verschränkung menschlicher Körper und technischer Objekte fest (Rammert & Schubert, 2017). Als Ergänzung zur Verschränkung von Körper und Technik wird aus einer räumlichen Perspektive nach der Verschränkung von Wohnumgebung und Technik gefragt. Der Künstler Diego Trujillo-Pisanty zeigt mit seinem Projekt *With Robots*, wie eine solche Verschränkung in einem zukünftigen Haushalt mit Robotern aussehen könnte. Wie müsste ein Teller geformt sein, damit ein Roboter diesen optimal greifen kann? Der speziell geformte Teller und der Tisch mit optischen Roboter-freundlichen Kennzeichnungen stehen in einem Handlungsbezug zu einem potenziellen Roboter. Neue Handlungsbezüge fallen insbesondere dort auf, wo sie dem Gewohnten widersprechen. Die Ästhetik und Atmosphäre der technisch zugeschnittenen Elemente stehen in Kontrast zu den gewohnten Elementen der Holzstühle und des Holztisches. Das Wohnumfeld ist von den Arten der Benutzung der Architektur gesellschaftlich bedeutsam, da es die meisten Menschen während ihres Lebens einbezieht (Frank, 2009). Wohnstrukturen können daher auch als ein „Anzeiger gesellschaftlicher Strukturen“ (Elias, 1983, p. 68) gesehen werden.

Die Folgen technischer Systeme – intendierte und nicht intendierte – zeigen sich oftmals erst in ihrer Verwendung. Die Anerkennung einer spezifischen Form der Handlungsträgerschaft technischer Systeme berücksichtigt die Auswirkungen eingesetzter Techniken in ihrem Verwendungszusammenhang.

Anhand folgender Fragestellungen wird das Verhältnis von Wohnumgebungen und sozialen Robotern entwickelt:

- Welche Anwendungsfelder gibt es für soziale Roboter in Wohnumgebungen?
- In welchem Verhältnis stehen Systeme der Heimautomation und soziale Roboter zueinander?
- Worin unterscheiden sich aus räumlicher Perspektive Assistenzsysteme und soziale Roboter von anderen Technologien der Heimautomation?

9.1. Infrastrukturen in Wohnumgebungen

“Our image of robots is misleading because robots do in fact require specific supports according to their needs. When we design robots, we do not build single machines, but a whole infrastructure to make them work.”
(Lipp, 2016)

Viele technische, soziale und räumliche Veränderungen in Wohnumgebungen lassen den Einsatz sozialer Roboter im Alltag realistisch erscheinen. In modernen Lebensräumen stehen bereits grundlegende Versorgungs- und Haustechniksysteme für die Heimautomation wie Elektrizität, drahtlose Netzwerke, Wohnraumlüftung und vernetzte Beleuchtungssysteme zur Verfügung. Diese Vorbereitungen sind wesentlich für die Verbreitung neuartiger Technologien. Ebenso tragen die Verfügbarkeit vieler technischer Komponenten entscheidend zur Entwicklung und Kommerzialisierung von Robotern bei: 3D Kameras (Kinect), hochauflösende Digitalkameras (Smartphones), Standortbestimmung in Innenräumen (iBeacon), Standortbestimmung im öffentlichen Raum (GPS).

Heimautomationssysteme

„Viele Technologien werden in die individuelle Lebensgestaltung Einzug halten und eine intelligente Steuerung des eigenen Zuhauses ermöglichen.“
(Pohl, Kasper, Kochanowski & Renner, 2017, p. 6)

Während im 20. Jahrhundert eine erste Welle der Haustechnik im Wohnumfeld auf Bereiche wie Klimatechnik, Beleuchtung und Sicherheit ausgerichtet war, wird die Heimautomation im 21. Jahrhundert zunehmend durch Unterhaltung, Kommunikation und Routineaufgaben des Haushalts bis hin zu zwischenmenschlichen Dienstleistungen ergänzt. Im modernen Wohnen treffen Versorgungstechnologien wie Energie, Gas oder Wasser auf Technologien der Gebäude- und Heimautomation, wie etwa Beleuchtung, Heizen, Lüften, Kühlen und Sicherheit. Insbesondere in der Heimautomation privater Wohnungen und Häuser kommt es durch das steigende Bedürfnis nach Komfort und Sicherheit zu einer Vielzahl an steuerbaren Systemen. Im Unterschied zur Gebäudeautomation ist bei der Heimautomation die direkte Schnittstelle zum Bewohner ein wesentliches Merkmal. Es kommt zu einer Vernetzung von Objekten der Gebäudetechnik, Haushalts- und Multimedia-Geräten, Sensoren und Aktoren zu einem Internet of Things (IoT). Die multifunktionalen Systeme der Heimautomation werden entweder als eine Gesamtlösung eines Anbieters angeboten (z.B. Gira) oder über eine

integrative Plattform für die unterschiedlichen Einzelkomponenten und Teilsysteme zusammengefasst (z.B. Google Home oder HomeKit von Apple). Der Benutzer kann die Heimautomation meist über eine Smartphone oder ein fest installiertes Bediengerät steuern. Neben dem Smartphone als Interface haben sich auch zunehmend smarte Lautsprecher wie Echo von Amazon oder Google Home etabliert.



Geräte zur Steuerung der Heimautomation: Gira Control 19 Client, Gira HomeServer App, Amazon Echo (Quellen: <https://www.gira.de/>; <https://www.amazon.de/echo/> [Zugriff: 25.07.2019])

In vielen Häusern und Wohnungen findet zunehmend eine Vernetzung unterschiedlicher technischer Systeme statt, deren Ziel es ist, Abläufe nach vorgegebenen Parametern oder (teil)autonom zu steuern. Im Wohnbereich hat sich für die Gebäudeautomation die Bezeichnung Heimautomation gebildet, die oft auch mit den Schlagworten smart home, smart living oder Intelligentes Wohnen bezeichnet wird. Die Heimautomation wird zunehmend vielfältiger, umfassender und vernetzter. Während eine Automation in Wohnbereichen zunächst auf Heizung, Lüftung oder Kühlung ausgerichtet war, wird die Heimautomation zunehmend durch Beleuchtung, Unterhaltung, Kommunikation und weitere Technologien im Haushalt wie Überwachungskameras oder Saugroboter ergänzt. Es kommt dabei zu einer Verschmelzung von Funktionen der Haustechnik mit Haushaltsgeräten und Komponenten der Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik.

Der Bewohner wird zu einem kontrollierendem und steuernden Akteur eines vernetzten und in vielen Bereichen automatisierten Gesamtsystems. Der Stromverbrauch lässt sich

beispielsweise via smart meter am Tablet oder Smartphone überwachen. Im Winter steuern vernetzte Thermostate die gewünscht Innentemperatur. Im Sommer reguliert eine automatisierte Beschattung selbständig die gewünschte Sonneneinstrahlung. Parameter wie die potentielle Anwesenheit von Personen und individuelle Präferenzen werden bei der Steuerung von Heizung und Beschattung berücksichtigt. Bei schlechter Innenluftqualität sorgt die kontrollierte Wohnraumlüftung für ausreichend Frischluft. Der Saugroboter startet seine Reinigung, wenn zu erwarten ist, dass während der Reinigung keine Personen im Haus oder der Wohnung anwesend sind. In Zeiten längerer Abwesenheit kommt eine automatische Pflanzenbewässerung oder Haustierfütterung zum Einsatz.

Im Mittelpunkt der Heimautomation steht meist eine Erhöhung der Sicherheit, Lebens- und Wohnqualität bei gleichzeitig effizienter Energienutzung. Die Steuerung erfolgt in der Regel über eine benutzerfreundliche Schnittstelle durch die Bewohner selbst. Ist eine Heimautomation speziell an den Bedürfnissen und Situationen älterer oder behinderter Personen ausgerichtet, ergeben sich Berührungspunkte der Heimautomation mit Assistenzsystemen. In diesen Bereich fallen etwa Sturzmelder oder andere spezielle Unterstützungssysteme.

Interaktionsformen

Ein entscheidender Schritt in der alltäglichen Interaktion mit Robotern ist, dass gängige Interaktionsformen wie Tasten, Schalter und (Touch-)Displays durch natürlich-sprachliche Interaktion oft ganz abgelöst werden. Bei vielen bereits verfügbaren Schnittstellen im Bereich der Heimautomation, wie etwa Echo oder Google Home ist die natürlich-sprachliche Interaktion die präferierte, wenn nicht sogar einzige Möglichkeit zur Kommunikation mit diesen Geräten. Auch mobile Betriebssysteme wie iOS oder Android forcieren eine Steuerung per Sprachbefehl.

Im Alltag begegnen wir zunehmend Bots oder Chatbots, die das Chatten mit einem technischen System erlauben. Wenn wir eine Hotline wählen oder uns mit einer Anfrage per Chat an einen Kundendienst wenden, üben wir diese Art der Kommunikation mit einem technischen System ein.

Kommunikationsnetze

Grundlage mobiler Roboter ist eine vorhandene Versorgung der Gebäude mit elektrischer Energie, die es ermöglicht, an verschiedensten Stellen die Batterien des

Roboters zu laden. Ebenso werden in öffentlichen Räumen Ladestellen für elektrische Autos sowie an Flughafen beispielsweise Ladestationen für Mobiltelefone angeboten. Weiters dient ein flächendeckendes WLAN von der Wohnung bis zu Freiflächen wie Terrasse, Balkon und Garten zur kontinuierlichen Vernetzung mobiler Geräte, die derzeit hauptsächlich von Laptops, Tablets oder Smartphones genutzt wird. Ebenso ist zumindest in Städten im öffentlichen Raum eine nahezu lückenlose Abdeckung mit schnellem Mobilfunkstandard (LTE) gegeben.

Viele der aktuellen Generationen von Kühlschränken, Kochfeldern, Waschmaschinen und Körperwaagen besitzen eine Schnittstelle zur Anbindung an ein Netzwerk. Ebenso werden Beleuchtung, Heizung und Unterhaltungsmedien zunehmend netzwerkfähig gemacht. Durch solche Netzwerke und Endgeräte entsteht eine Infrastruktur, die es Robotern ermöglicht, an bestehende Systeme anzuknüpfen.

Räumliche Voraussetzungen

Personenaufzüge und Rampen zur Überwindung von Treppen und höhere Absätzen kommen nicht nur älteren oder körperlich beeinträchtigten Personen zugute, sondern auch mobilen Robotern. Durch barrierefreie Gestaltung kann der Aktionsradius sozialer Robotern in Wohnungen erweitert werden. Auch wenn Saugroboter kleine Schwellen überwinden können, stellen Treppen für die meisten heute verfügbaren Roboter eine Herausforderung dar oder sind ein unüberwindbares Hindernis. Barrierefreie Umgebungen hingegen schaffen ein Roboter-freundliches Umfeld und gewährleisten diesen einen größeren Aktionsradius. Wendekreise für Rollstuhlfahrer und Mindestdurchgangsbreiten kommen Robotern ebenso entgegen wie eine maximale Höhe von Türschwellen. Darüber hinaus gewährleisten möglichst klare Abgrenzungen von Oberflächen durch Kontrastunterschiede, etwa zwischen Boden und Wand, nicht nur sehbehinderten Personen eine bessere Orientierung, sondern erleichtern auch Kamerasystemen die Orientierung und Navigation. Diese räumlichen Anpassungen schaffen nicht nur Zugänglichkeit und Nutzbarkeit für möglichst viele Personengruppen, sondern leisten indirekt auch einen Beitrag für den Einsatz sozialer Roboter.

9.2. Wohnräume als Anwendungsbereiche sozialer Roboter

Soziale Roboter werden zunehmend für Anwendungen in privaten Wohnräumen entwickelt. Sie sollen einfache Tätigkeiten im Haushalt übernehmen oder Menschen mit besonderen Bedürfnissen unterstützen. Durch die Erweiterung der Heimautomation mit sozialen Robotern wird diese einerseits differenzierter, aber auch komplexer in ihrer Funktion, wodurch neue Handlungsmöglichkeiten und Anwendungsfelder erschlossen werden können. Im Folgenden wird die Heimautomation als ein System verschiedener vernetzter Akteure verstanden, das räumliche und soziale Veränderungen in den Lebensräumen hervorruft. Soziale Roboter sind einerseits einem bestimmten Umfeld ausgesetzt und schaffen andererseits durch räumliche Präsenz und soziale Interaktion erweiterte räumliche Strukturen und Aktivitäten.

Die Motivation für einen Ausbau technischer Unterstützung in Wohnräumen ist vielfältig und reicht von persönlicher Autonomie über Komfort und Sicherheit bis hin zu Unterhaltung und Nachhaltigkeit. Zur Anwendung kommen robotische Technologien als Heimautomation (Saug- & Mähroboter), Assistenzsysteme (Serviceroboter, Companion-Roboter) und Unterhaltungstechnik (Spielzeugroboter). Bei sozialen Robotern stehen neben praktischen Aufgaben, z.B. eine konkrete Hilfeleistung im Haushalt, die Fähigkeiten zur sozialen Interaktion und zur emotionalen Unterstützung im Vordergrund.

Gemeinsam ist der Entwicklung sozialer und assistiver Robotern der Einsatz in privaten Wohnumgebungen. Bereits jetzt gibt es kaum einen Bereich des Zuhause, der nicht mit einem interaktiven technischen Gerät ausgestattet ist. Neben der Technologisierung von Werkzeugen und Objekten verfügen diese Geräte vermehrt über eine Netzwerkschnittstelle und werden somit technisch steuer- und automatisierbar. Einige Gegenstände des Alltags haben sich bereits als vernetzte Haushaltsgeräte etabliert: Beleuchtung, Waschmaschine, Kühlschrank, Heizungsanlage, Staubsauger, Zahnbürste, Personenwaage.

Durch den prinzipiell vielseitigen Einsatz sozialer Roboter in Wohnumgebungen entstehen auch neue potenzielle Problemfelder und Risiken. Durch die Fernsteuerung von Sensoren und Aktoren eines räumlich mobilen Roboters ergeben sich mögliche Sicherheitsrisiken. Technische Systeme können ausfallen oder gehackt werden. Die physische Manipulation von Gegenständen im Haushalt kann zu Schäden an Objekten

oder Unfällen mit Personen führen. Die permanente Anwesenheit eines Roboters wirft ebenso ethische Fragen zu Privatsphäre und Überwachung auf.

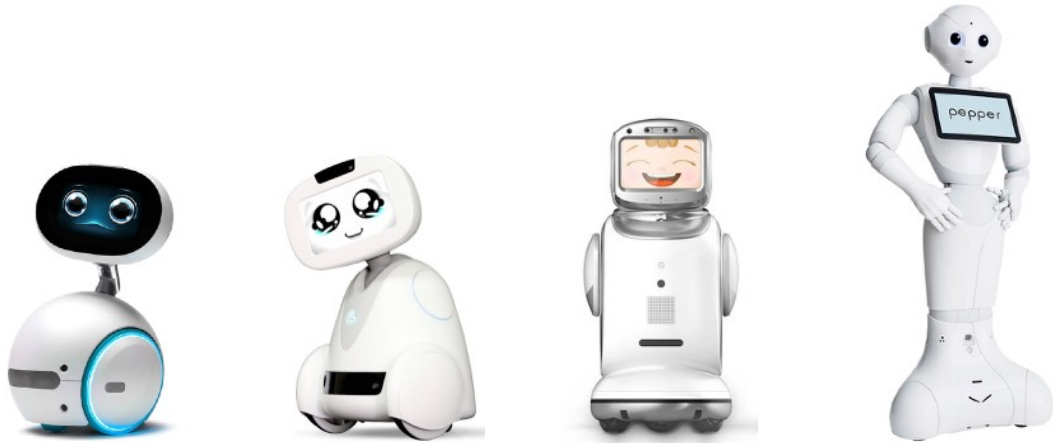
Beispiele für die Integration von Heimautomation und sozialen Robotern

... im Bereich smart home

Die Produktkategorie des Heim-Roboters (home robots) wird explizit als Schnittstelle für das vernetzte Zuhause (Heimautomation) entwickelt. Die Steuerung geschieht meist über sprachliche Interaktion, Gesten, Touch-Displays oder nach programmierten und gelernten Routinen. Gemeinsam ist sozialen Robotern im Bereich der Heimautomation, dass sie meist auch eine Steuerungsfunktion für bestehende Technologien übernehmen: Beleuchtung, Heizungsregelung, Steckdosen, Schließsysteme, Musik und Kameraüberwachung.

Die folgende Aufstellung zeigt einige Beispiele für Heim-Roboter, die neben anderen Aufgaben eine Schnittstelle zur Heimautomation herstellen. Manche sind bereits als kommerzielle Produkt erhältlich, andere befinden sich im Status von Prototypen.

- Zenbo (ASUS): Dieser Heim-Roboter wird als Schnittstelle für die Bereiche Smart Home, Convenient Living und Entertainment beworben. Mithilfe eines Smartphones kann Zenbo als ferngesteuerte Sicherheitskamera verwendet werden.
- Buddy (Blue Frog Robotics): Ein 60cm großer mobiler „emotional companion robot“, der sich neben Unterhaltungsfunktionen in die Heimautomation integrieren und Assistenzfunktionen für Familien und Senioren übernehmen soll.
- Sanbot Nano (Qihan Technology) ist ein 85 cm großer, mobiler Roboter und mit über 50 Sensoren ausgestattet. Der Roboter kann per Smartphone ferngesteuert werden und verwendet Amazons Spracherkennungsservice Alexa, wodurch auf eine Vielzahl an Funktionen zur Steuerung des Zuhause zugegriffen werden kann.
- Pepper (Softbank/Aldebaran): Ein 120cm großer humanoider Roboter ausgestattet mit einem Touchscreen. Als sozialer und kommunikativer Roboter ist Pepper besonders für das Erkennen von Gestik, Mimik, Alter, Geschlecht und Größe seines menschlichen Gegenübers entwickelt worden.



Zenbo (ASUS), Buddy (Blue Frog Robotics), Sanbot Nano (Qihan Technology), Pepper (Softbank)

Gemeinsam ist diesen Heim-Robotern weniger eine Unterstützung auf physischer Ebene, als vielmehr die Bereiche Steuerung der Heimautomation, soziale Interaktion und Unterhaltung. Dennoch bewegen sich die meisten autonom in Wohnräumen, wodurch sie sich von stationären Steuerungselementen oder Smartphones unterscheiden. Ebenso besitzen die meisten von ihnen anthropomorphe Züge und nutzen körpersprachliche Elemente in ihrer Kommunikation.

... im Bereich Assistenzsysteme

In den Forschungsprojekten CompanionAble und Mobiserv wurde das Zusammenspiel sozialer Roboter, smart home-Umgebungen und externen Dienstleistungen untersucht (Huijnen, Badii, van den Heuvel, Caleb-Solly & Thiemert, 2011). Der Fokus lag dabei auf der semantischen Integration und der Kooperation beider Technologien. Zielgruppen waren jeweils ältere Personen mit leichter kognitiver Beeinträchtigung (CompanionAble) bzw. mit früher Demenz und/oder physischer Beeinträchtigung (Mobiserv). Es wurden unter anderen folgende Funktionen getestet: Erinnerungen zur Medikamenteneinnahme, Tagesplanung, Vermeidung gefährlicher Situationen, kognitive Spiele, Audio/Video Kommunikation mit Freunden und Familie.



Assistenzroboter Kompai in dem Forschungsprojekt Mobiserv, SCITOS G3 im Forschungsprojekt CompanionAble; Bot Care (Samsung)

Folgende Erkenntnisse können aus einer qualitativen Analyse beider Forschungsprojekte abgeleitet werden (Huijnen et al., 2011):

- Synergien lassen sich besonders durch vollständige Integration von sozialen Robotern mit der smart home Umgebung erzielen.
- Wesentlich für soziale Roboter ist der Erfassung sozialer Situationen und die Möglichkeit verschiedene Rollen (Persona) einzunehmen, wie Butler/Diener, Unterhalter, freundlicher Helfer oder Beschützer.
- Die Rolle (Persona) eines Roboters ist wichtiger für die Akzeptanz und die Vertrauenswürdigkeit eines Systems als deren physisches Erscheinungsbild.
- Als Herausforderung identifizierten die Autoren insbesondere die kontextabhängige Unterstützung unter Berücksichtigung von Privatsphäre und Personalisierung.

Erste Vorstöße in den kommerziellen Markt der Pflegeroboter kommen etwa von Samsung. Anfang 2019 stellt Samsung den Prototypen des mobilen Assistenzroboters *Bot Care* vor, der auf Gesundheitsanwendungen im Zuhause ausgerichtet ist. Der für die Zielgruppe der Senioren entwickelte Roboter kann Blutdruck, Herzfrequenz, Atmung, Wachzustand messen, erinnert an die Medikamenteneinnahme oder kann den Notruf kontaktieren.

9.3. Soziale Roboter und Heimautomation: Parallelen und Unterschiede

Auch wenn es keine klare Trennlinie zu geben scheint, heben sich soziale Roboter in einigen wesentlichen Punkten von bereits vorhandenen Technologien der Heimautomation ab. Soziale Roboter unterscheiden sich meist durch ihre räumliche Mobilität von stationären Haushaltsgeräten, wie smarten Lautsprechern, vernetzten Kühlschränken und automatisierten Rollläden. Bei allen offensichtlichen Unterschieden sollte jedoch nicht die Erfahrung vergessen werden, dass menschliche Reaktionen auf verschiedene Medien eher ähnlich als unterschiedlich ausfallen:

„The similarity between simple and sophisticated media is particularly impressive. Claims about amplified responses to new media are often exaggerated.“
(Reeves & Nass, 1996, p. 252).

Responsive Environments und Ubiquitous Computing

Die Automatisierung unserer Lebensräume sowohl im beruflichen, als auch im privaten Umfeld, schreitet unverzüglich voran. Stichworte wie Smart Home oder Ambient Assisted Living verdeutlichen diese Entwicklung hin zu Wohnumgebungen, die von Technologien durchdrungen sind. In den frühen 90er Jahren skizziert Mark Weiser den Ansatz des *ubiquitous computing*. In einer von Weiser beschriebenen möglichen Zukunft wird sich die Technologie des 21. Jahrhunderts in das Gewebe des Alltags eingeflochten haben und letztendlich ununterscheidbar davon geworden sein (Weiser, 1991). Fast jedes Objekt ist mit einem „Computer“ ausgestattet oder kann an einen solchen angeschlossen werden. Die vernetzten Sensoren und Endgeräte operieren automatisiert, wodurch die Technologie und die Komplexität des Netzwerkes für den Benutzer in den Hintergrund tritt und dadurch scheinbar unsichtbar wird.

„The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it. [...] Therefore we are trying to conceive a new way of thinking about computers in the world, one that takes into account the natural human environment and allows the computers themselves to vanish into the background.“
(Weiser, 1991, p. 94)

Zur Darstellung und Vermittlung von Informationen entwickelten Weiser und seine Kollegen Interfaces in drei Größen: *tabs*, *pads* und *boards*. Tabs als die kleinsten Einheiten haben etwa die Größe von Post-It Zetteln oder Scheckkarten und können auch ein kleines Display besitzen. Pads in der Größe eines Buches oder Blatt Papiers ähneln in ihrer Funktion heutigen Tablet-PCs. Boards sind stationäre, großformatige Bildschirme oder interaktive Whiteboards.

Bereits vor Mark Weiser beschreibt Myron W. Krueger *Responsive Environments*, in denen sich reale und virtuelle Welten verbinden (Krueger, 1977). Bei Responsive Environments handelt es sich um einen Ansatz, der insbesondere auf die künstlerisch-ästhetische Dimension der Interaktion zwischen Mensch und Maschine verweist.

„ ... the next generation of technology will speak to us, understand us, and perceive our behavior. It will enter every home and office and intercede between us and much of the information and experience we receive. The design of such intimate technology is an aesthetic issue as much as an engineering one. We must recognize this if we are to understand and choose what we become as a result of what we have made.“
(Krueger, 1977, p. 433)

Dem ubiquitous computing ähnlich sind Ansätze wie *Things That Think* (Hawley, Poor & Tuteja, 1997) oder *Reactive Environments* (Cooperstock, Fels, Buxton & Smith, 1997). Beispiele für Testgebäude und -wohnungen, ausgestattet mit einer Vielzahl an Sensoren und Aktoren, sind das Aware Home (Georgia Institute of Technology), Gator Tech Smart Home (University of Florida), PlaceLab (MIT), The Ubiquitous Home (Yamazaki) und Adaptive House (Michael Mozer, University of Colorado). Vom ubiquitous computing abzugrenzen ist der Ansatz der Virtuellen Realität (VR), welcher die reale Welt im Rechner nachbildet.

Aus architektonischer Sicht ist der Ansatz des ubiquitous computing insofern relevant, weil er die Einbettung technischer Systeme in die gebaute Umgebung beschreibt. In der Heimautomation sind heute bereits viele Ansätze des ubiquitous computing realisiert. Verschiedene Technologien – Sensoren, Aktoren und Endgeräte – sind in Wohnumgebungen eingeflochten. Die Komplexität des Netzwerks tritt durch einfach zu bedienende Schnittstellen für den Benutzer in den Hintergrund. Während Technologien bereits in vielfältigen Formen in Lebensräume integriert sind, treten soziale Roboter direkt als Akteure in Interaktion mit dem Menschen.

Auflösung des Interfaces

Soziale Roboter als Schnittstelle zur Heimautomation stellen ein neuartiges Interface dar, das sich von gewohnten Interfaces unterscheidet. Doch worin unterscheiden sich soziale Roboter von bekannten Interfaces wie Lichtschaltern, Thermostaten oder Touch-Displays? Der Ansatz des ubiquitous computing besagt, dass Technologie in den Hintergrund tritt und scheinbar unsichtbar wird. Dieser Ansatz lässt sich auch anhand der Auflösung des Interfaces sozialer Roboter beobachten. Soziale Roboter stellen demzufolge einen erweiterten Ansatz zu Weisers Konzept dar. Im Gegensatz zur Interaktion mit technischen Systemen durch Bildschirme, Tastaturen oder anderen Eingabegeräten verschwindet die technische Schnittstelle sozialer Roboter scheinbar hinter der Wahrnehmungsgrenze. Soziale Roboter verwenden meist menschliche Kommunikations- und Interaktionsmuster. Sie unterstützen etwa eine natürlich-sprachliche Interaktion, interpretieren menschliche Gestik, Mimik oder erfassen unsere Stimmungslage und Emotionen. Roboter, die menschliche Kommunikationskanäle nutzen und teilweise ein anthropomorphes Aussehen besitzen, vermitteln das zunehmend komplexe Mensch-Computer-Interface, indem sie eine natürliche und direkte Interaktion erlauben. Aus technischer Sicht lösen soziale Roboter die bei Computern vorhandene Trennung des „interface program“ von dem darunter liegenden „application program“ auf (Breazeal, 2004). Das Interface sozialer Roboter wird direkt zum erlebbaren Verhalten, durch das der Roboter mit Personen und der physischen Welt interagiert.

The ‚interface‘ is not a layer that sits at the surface, producing the robot’s observable behavior that mediates the interaction between the human and the underlying control mechanisms that carry out the task. Rather, it is the observable behavior that allows the robot to negotiate its way about the real world – whether it is physically manipulating objects, socially engaging people, or dealing with self-maintenance functions.“

(Breazeal, 2004, p. 183)

Interfaces, wie beispielsweise eine Tastatur oder ein Touch Display lösen sich in direkter menschlicher Kommunikation auf oder fallen gänzlich weg, wodurch ein unmittelbarer und intuitiver Umgang mit Technologie ermöglicht wird. Die technische Schnittstelle – das *Inter* des *Interface* - verschwindet zunehmend hinter der Wahrnehmungsgrenze. Das *face* des Roboters wird direkt erlebbar und erfahrbar. Es zeigt sich ein Gesicht, in das wir ohne Schnittstelle blicken können und das scheinbar

zurückblickt. Die Auflösung des Interfaces ist ein Angebot mit Aufforderungscharakter, das Widerstände auflöst und zur Interaktion einlädt.

Die direkte menschenähnliche Kommunikation und das scheinbar intuitive Erleben von Technik hat jedoch auch negative Konsequenzen. Für den Nutzer verschwindet die technische Komplexität hinter der physischen Hülle eines Roboters und den natürlichen Interaktionsformen. Dadurch steigt auch die technische Intransparenz dieser Systeme. Welche Informationen der Sensoren werden aufgezeichnet und weitergeleitet? Filmen die Kameras in den Augen des Roboters und an wen werden die Bilder übertragen? Zwar lassen sich soziale Roboter ebenso ausschalten wie Computer oder Smartphones, allerdings sind viele Funktionen von assistiven Robotern darauf ausgelegt, permanent aktiv und eingeschaltet zu sein, wie z.B. Aktivitätsmonitoring oder Sturzdetektion.

Technik in Bewegung

„The ability to move autonomously makes them qualitatively different from other household appliances.“
(Syrdal et al., 2013, p. 321)

Viele Funktionen sozialer Robotern nutzen deren räumliche Mobilität. Diese Mobilität ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zu bereits etablierten ortsgebundenen Technologien. Die meisten Elemente einer Heimautomation werden an einem bestimmten Ort platziert. Sie bleiben in der Regel an diesen Ort gebunden oder werden vom Menschen an einen neuen Ort bewegt. Während ortsgebundene Technologien in der Automatisierung von Abläufen an Grenzen stoßen, wird dieser Punkt mit mobilen Robotern überwunden. Durch ihre räumliche Mobilität erreichen Roboter neue Interaktions- und Handlungsmöglichkeiten und damit einen höheren Grad an möglicher Autonomie, etwa beim Transportieren von Objekten oder bei der Assistenz einer Person in Bewegung.

Roboter bewegen nicht nur andere Elemente wie etwa eine Türe, ein Fenster oder eine Jalousie, sondern auch sich selbst. Roboter können daher als eine mobile Erweiterung der Heimautomation verstanden werden. Die Vernetzung der Dinge geschieht nicht nur auf einer informationstechnischen Ebene. Mobile Roboter sind in der Lage, ihre Position in Relation zu ihrer Umgebung zu bestimmen und zu verändern. Zudem entsteht durch die Mobilität eine Art potenzielle Anwesenheit, selbst wenn sich der Roboter in einem anderen Raum befindet. Als gegenständliche Technik sind sie auch

gezwungen, eine bestimmte Position im Verhältnis zu anderen Personen und Objekten einzunehmen. Ihre Bewegungen finden daher in Relation zu bestehenden Räumen statt und schaffen dadurch wiederum neue Relationen.

„A physical thing in your space, moving with and around you, provides an emotional grip that no disembodied conversant can.“

(Hoffman, 2019)

Durch die räumliche Mobilität ergeben sich neue Funktionen und Einsatzbereiche, aber auch spezifische Herausforderungen, vom Bereich der Sicherheit bis zur sozialen Interaktion. Eine Studie untersuchte die Unterschiede stationärer und mobiler Roboter bei verschiedenen Assistenz Tätigkeiten aus einer sozialen Perspektive (Syrdal et al., 2013). Die Studie ergab, dass im Vergleich zu einem stationären Roboter ein mobiler Roboter als angenehmer und sympathischer bewertet wird. Mobile Roboter können jedoch schnell als störend und aufdringlich empfunden werden. Werden Robotern zudem als soziale Akteure wahrgenommen, wird von ihnen erwartet, dass sie die sozialen Normen der Proxemik befolgen (siehe Kapitel *Theorien und Diskurse*).

Verkörperung

„Die Verbindung zwischen den virtuellen und den erdschweren Räumen bildet nicht die Technik, sondern der Körper.“

(Löw, 2001, p. 96)

Roboter sind nicht nur allgegenwärtig im Sinne des ubiquitous computing, vielmehr sind Roboter so präsent, wie wir es sonst nur von anderen Lebewesen gewohnt sind. Vielfach erscheint es sogar, als ob man sich ihrer Präsenz nicht entziehen könnte. In diesem Aspekt unterscheiden sich soziale Roboter wesentlich vom Ansatz des ubiquitous computing, bei dem Technologie möglichst unaufdringlich in den Hintergrund tritt. Durch ihre Verkörperung und eine potenzielle Mobilität setzen sich soziale Roboter von der Technologie im Hintergrund ab und stehen dem Aspekt der unauffälligen Integration von Technik in den Alltag entgegen.

Löw betont in ihrer sozialwissenschaftlichen Raumtheorie den Körper als Mittler zwischen Strukturen und Handeln (2001). Einen Körper zu haben bedeutet für Roboter nicht nur Handlungen ausführen zu können, sondern auch, sich in einem sozialen Raum zu positionieren oder positionieren zu lassen (siehe Kapitel *Erweiterung der Raumkonstitution um soziale Roboter*). In der Forschung zu künstlicher Intelligenz wird

seit Ende der 1990er Jahre die Verkörperung eines Systems und dessen Koppelung an die reale Welt als wesentliche Voraussetzung intelligenten Verhaltens angesehen. Die Verkörperung und die soziale Interaktion machen Roboter zu einem Akteur in den Lebensräumen des Menschen: Mobile Roboter unterstützen Menschen mit besonderen Bedürfnissen, unterhalten Kinder und ältere Menschen oder verrichten Routinetätigkeiten im Haushalt.

In der konkreten Anwendung im Alltag interagieren soziale Roboter mit Menschen und Lebewesen, sowie anderen technischen Systemen in sozialen Räumen. Roboter sollen Aufgaben von Routinetätigkeiten im Haushalt bis zur Pflege älterer Menschen übernehmen. Als verkörpertes technisches System sind Roboter Teil einer zunehmend technologisierten und medialisierten Wohnumgebung. Diese wird bereits in vielen Bereichen – von der Raumtemperatur bis zur Beleuchtung, von der Belüftung bis zur Eingangstüre – durch Heimautomation gesteuert. Soziale Roboter lassen sich jedoch nicht auf ein weiteres smart-home Gerät reduzieren, da sie durch ihre Vernetzung, Verkörperung und Wirkkraft aktiv und autonom die Lebensräume beeinflussen und gestalten können. Es werden nicht wie bei Temperatur oder Beleuchtung Zustände eines Raumes verändert, sondern weit mehr über physikalisch messbare Größen und Zustände hinaus Aktivitäten, soziale Strukturen und Eigenschaften eines Raumes beeinflusst.

Vertrauen

„Ob Waschvollautomat oder Kernkraftwerk - keines dieser Artefakte könnte ohne Vertrauen sozial funktionieren.“

(Wagner, 1994, p. 145)

Die gebaute Umgebung in Form von Wohnungen und Häusern ist in der Lage, Vertrauen etwa im Bereich Sicherheit zu vermitteln. Mehr noch, sie konstituiert sich aus einem Sicherheitsbedürfnis heraus. Wenn Gebäude aus Wänden, Decken, Türen und Fenstern durch Elemente, wie beispielsweise automatisierte oder fernsteuerbare Schließmechanismen ergänzt werden, kann eine gefühlte Unsicherheit entstehen, wodurch wiederum ein erhöhtes Maß an Vertrauen in die jeweilige Technologie notwendig ist.

Schutz und Sicherheit zu bieten - Kernaufgaben der Architektur in ihrer konkreten physischen Ausformung als gebaute Umgebung - werden zunehmend in ihrer Steuerung an Netzwerke und automatisierte Systeme übertragen. Wenn Bereiche wie Sicherheit

und Komfort privater Räume auf Technologien übertragen werden, ist das Vertrauen der Benutzer in diese Technologie wesentlich. Die Vertrauensforschung zeigt, dass jede Art der Verkörperung, selbst in einfachster Form, Vertrauen unterstützt (Heuwinkel, 2013). Als sachtechnisch verkörperte Technologien unterstützen soziale Roboter grundsätzlich den Aufbau von Vertrauen.

Für das soziale Funktionieren technischer Objekte und Systeme braucht es ein Einverständnis, das die Lücke zwischen dem Verstandenen und dem Nicht-Verstandenen schließt (Weber, 1985). Dem Einverständnis legt Weber jedoch keine rationalen Erwägungen zugrunde, sondern eingeübtes und gewohntes Handeln. Vertrauen in Technik kann daher als eine Form der gesellschaftlichen Integration verstanden werden. Bei steigender Technisierung der Gesellschaft kommt es jedoch zunehmend zu einer Asymmetrie zwischen dem verstandesmäßig nachvollziehbarem Wissen und dem Nicht-Wissen. Dies führt in Folge zu einem immer größeren Bedarf an Vertrauen (Wagner, 1994). Während bei Weber Vertrauen an Personen und Autoritäten gebunden ist, fasst Luhmann Vertrauen als Systemvertrauen auf (Luhmann, 2014). Das Systemvertrauen ist demnach ein Mechanismus, der es dem Einzelnen ermöglicht, die Komplexität der Welt zu reduzieren und dadurch handlungsfähig zu bleiben. Im Gegensatz zu Vertrauen in Personen, wird das Vertrauen in ein System durch eine Vielzahl an vertrauenden Individuen getragen, sowie durch die Kontinuität des Systems, d.h., durch das Bestehen und Funktionieren an sich.

Diese beiden Aspekte des Systemvertrauens - eine Vielzahl an Vertrauenden und eine Kontinuität des Systems - existieren allerdings bei sozialen Robotern (noch) nicht, wie dies bei anderen funktionierenden Systemen wie Geld oder Internet der Fall ist. Es fehlen gleichsam die „festen Gleitschienen des täglichen Erlebens“ (Luhmann, 2014, p. 29). Eine Möglichkeit Vertrauen zwischen Benutzern und Technologie herzustellen, ist daher ein schrittweiser Zugang. Vertrauen kann demzufolge bei Anwendungen mit einem geringeren Sicherheitsanspruch aufgebaut und schrittweise um Anwendungen erweitert werden, die ein höheres Maß an Vertrauen erfordern (Heuwinkel, 2013). Dieses Prinzip lässt sich bei Hersteller von Technologien im Heimbereich beobachten. Wenn die Smart Home-Lautsprecher Google Home oder Amazon Echo zuverlässig das Wetter vorhersagen, Musik abspielen oder die Beleuchtung steuern, vertraut man dem System eventuell auch bei Online-Shopping oder bei der Steuerung eines elektrischen Türschlosses.

10. Assistenzraum Küche: Architektonischer Raum und soziales System



Das Schokoladenmädchen von Jean-Étienne Liotard, 1743/45 (links) (Quelle: Staatliche Kunstsammlungen Dresden); Werbebild des Roboters Romeo (rechts) (Quelle: Softbank/Aldebaran)

Mitte des 18. Jahrhunderts malt der Künstler Jean-Étienne Liotard das Bild eines Stubenmädchens, das heißen Kakao zum Frühstück serviert. Kakao war in dieser Zeit ein teures und exotisches Genussmittel und an europäischen Höfen sehr beliebt. Architekturgeschichtlich ist die Küche ein Ort materieller, sozialer, kultureller und symbolischer Handlungsräume. Die Gestaltung dieses Raumes, der Bezug zu anderen Räumen, die handelnden Personen und die verwendeten Gegenstände sind Ausdruck einer Lebenspraxis und bilden ein soziales System. Auf individueller Ebene ist die Küche Entwicklungsmöglichkeit für das Selbst und modellhafte Präsentationsfläche gegenüber Dritten (Miklantz, Lachmayer & Eisendle, 1999). In ihr kann häuslicher Fleiß, Sauberkeit, Gemütlichkeit, Gesundheitsbewusstsein, Traditionsbewusstsein oder Technikeuphorie präsentiert werden.

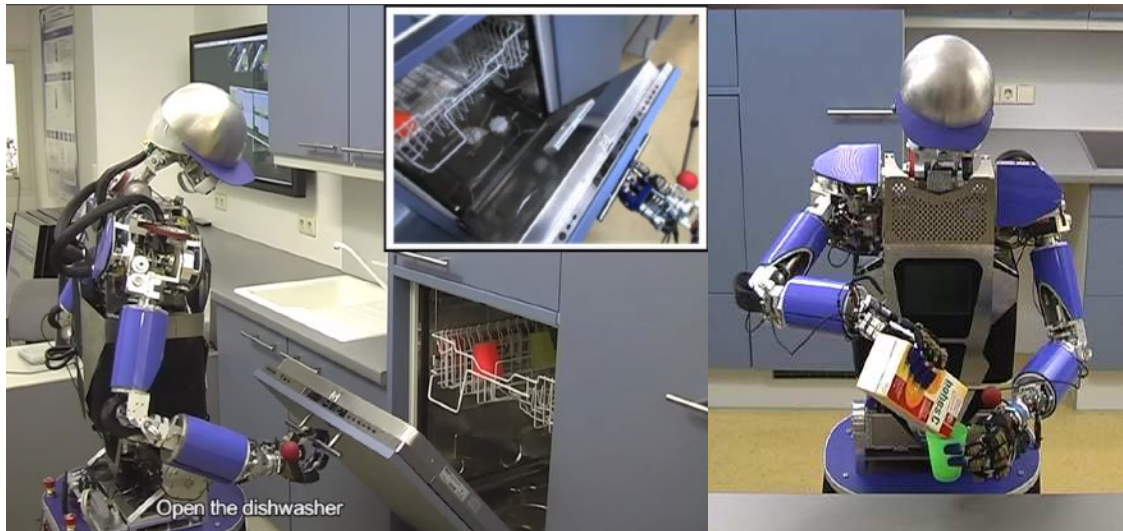
Die Küche bietet ein breites Anwendungsfeld möglicher Unterstützungsleistungen von vernetzten Haushaltsgeräten bis hin zu humanoiden Assistenzrobotern. Auf der *Humanoids*, der größten Konferenz für humanoide Roboter, wurde 2014 in Madrid der Wettbewerb *HUMABOT Challenge* abgehalten (Cervera, García & Sanz, 2015). Im Wettbewerb standen Teams, die bestimmte Aufgaben in einer Miniatur-Küche mit den Robotern NAO (Aldebaran Robotics) oder DARwIn-OP (Robotis) bestmöglich umsetzen sollten.

Diese ersten puppenzimmerartigen Modellanwendungen haben sich mittlerweile zu Assistenzsystemen in lebensgroßen Küchen entwickelt, wenn auch noch vorwiegend in Laboren. Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wird aktuell der humanoide Roboter ARMAR-III entwickelt, der als Assistent in der Küche etwa einen Geschirrspüler ausräumen oder Getränke aus dem Kühlschrank holen und eingießen soll. Treusch hat die Entwicklung des humanoiden Assistenzroboters ARMAR-III am KIT aus einer feministischen Perspektive beschrieben (2017). Sie plädiert dafür, die „Möglichkeiten der Assistenz zwischen Menschen und Robotern neu auszuloten – jenseits von Visionen einer universell einsetzbaren, immer dienstleistungsbereiten Maschine“ (Treusch, 2017, p. 251).

Ebenso weist die Küche ein vielfältiges Spektrum an historischen und soziokulturellen Bezugspunkten auf. Die Herstellung von Assistenzen in der Küche sollte daher nicht davon abgekoppelt werden „wie Assistenz in diesem Raum gesellschaftlich als auch individuell organisiert und geleistet wird“ und welche Mikropraktiken die Schnittstelle Mensch und Roboter konstituieren (Treusch, 2017, p. 251).



Der Roboter NAO in der Modellküche des Wettbewerbs HUMABOT Challenge auf der Konferenz Humanoids 2014 (Quelle: <http://www.irs.uji.es/humabot/> [Zugriff: 25.07.2019])



ARMAR-III bei Greif- und Manipulationsaufgaben in einem Küchensetting des Roboterlabors am Institut für Anthropomatik und Robotik des KIT (Quelle: <https://his.anthropomatik.kit.edu/> [Zugriff: 25.07.2019])

In der Küche wird Technik zu einem materiellen Teil alltäglicher Lebensräume und steht durch die Interaktion mit Menschen in Bezug zu soziokulturellen Praktiken. Im frühen 20. Jahrhundert wanderten Dienstboten, die in bürgerlichen Haushalten arbeiteten, zunehmend in Industrie- und Angestelltenberufe ab (Hanisch & Widrich, 1999). Auch wenn manche Haushalte früher wie jetzt Hausangestellte beschäftigten, sind im Haushalt lebende Dienstboten oder Angestellte insgesamt weitestgehend verschwunden. Insbesondere humanoide Roboter als hilfreiche Assistenten im zukünftigen Zuhause sind für viele zu einer Projektionsfläche der Überwindung häuslicher Arbeit geworden. Werden soziale Roboter die Aufgaben und Rollen früherer Dienstboten und Hausangestellten einnehmen? Diese allzu einfach scheinende Renaissance der Dienstbarkeit als Assistenz durch humanoide Roboter lässt sich jedoch nicht ohne eine historische und soziokulturelle Betrachtung der Organisation des Raumes Küche durchführen.

Die individuelle und gesellschaftliche Gestaltung dieses Ortes zwischen Distanz und Nähe, Privatheit und Öffentlichkeit, Integration und Auflösung, Objekt und Raum kann auf zumindest zweifache Art gesehen werden. Zum einen als Ausdruck soziokultureller, technischer und ästhetischer Entwicklungen, und zum anderen als Ort, an dem eben jene Bedürfnisse erzeugt und bewertet werden, die zu diesen Entwicklungen führen. Die Küche kann somit als verändertes Element und als veränderndes Element aufgefasst werden.

Die selbstverständliche Position der Küche als eigenständiger oder eingebundener Raum heutiger Wohnformen ist keine architekturgeschichtliche Konstante. Die Aufmerksamkeit, die Architekten der Küche geschenkt haben, hat sich im Laufe der Architekturgeschichte stark gewandelt und damit auch der Stellenwert, die Gestaltung und die Position der Küche. Hanisch und Widrich weisen darauf hin, dass die Küche jener Bereich des Wohnens war, „der als erster und auch am gründlichsten auf seine funktionalen Zusammenhänge hin untersucht wurde und damit zum Ausgangspunkt der Rationalisierung des gesamten Wohnen werden konnte“ (1999, p. 33). Für einen umfassenden geschichtlichen Überblick zur Entwicklung der Küche sei hier auf Miklautz und Lachmayer (1999): *Die Küche. Zur Geschichte eines architektonischen, sozialen und imaginativen Raums* verwiesen.

10.1. Gestaltung und Organisationsformen der Küche

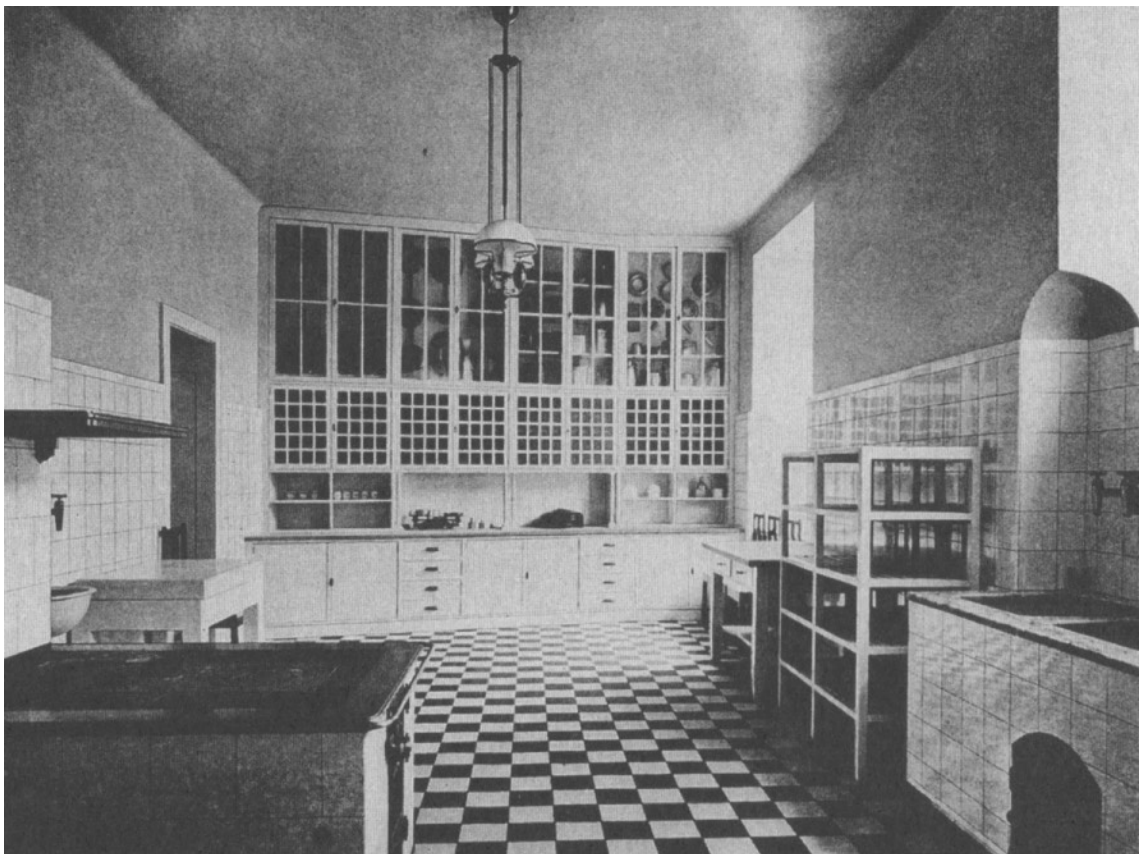
Das folgende Kapitel identifiziert die Gestaltung von Technik und Raum am Beispiel der Küche. Es werden architekturgeschichtliche, kulturelle und gesellschaftliche Entwicklungen der Küche mit aktuellen Tendenzen im Bereich der Robotik und Assistenztechnologie zusammengebracht. Dazu werden einige konkrete Küchenbeispiele und Entwürfe exemplarisch herausgegriffen und zueinander in Beziehung gesetzt. Anhand dieser Beispiele werden Analogien zu aktuellen technologischen Neuerungen gebildet. Die Reihenfolge erfolgt nicht chronologisch, sondern stellt thematische Bezüge und Zusammenhänge her. Dadurch sollen Parallelen, Fortschreibungen oder Gegensätze zwischen aktuellem Technologie- und Assistenzdiskurs und historischen Entwicklungen aufgezeigt werden. Folgende Dimensionen zur Gestaltung von Küche und Technik werden beschrieben: Auflösung von Grenzen, Rationalisierung, Automatisierung, geschlechtstypische Rollenbilder, Objekt und Raum, professionalisiertes Arbeitsumfeld, Prestige- und Designobjekt.

Auflösung von Grenzen

In seinem Werk „Die vier Bücher zur Architektur“ bezeichnete Palladio die Küche als einen häßlichen Teil des Hauses und wies ihr einen minderwertigen Platz an der tiefsten Stelle des Hauses etwas unterhalb der Erde zu (Palladio, 1984, p. 114). In der europäischen Architektur galt die Küche des bürgerlichen Wohnens daher lange Zeit als zweitklassiger Bestandteil des Hauses, der von den übrigen Wohnräumen der Hausherren getrennt war. Die Küche war aber ebenso Arbeitsraum von Dienstboten, die

ihre Schlafplätze oftmals in der Nähe des Herdes hatten (Hanisch & Widrich, 1999, p. 18).

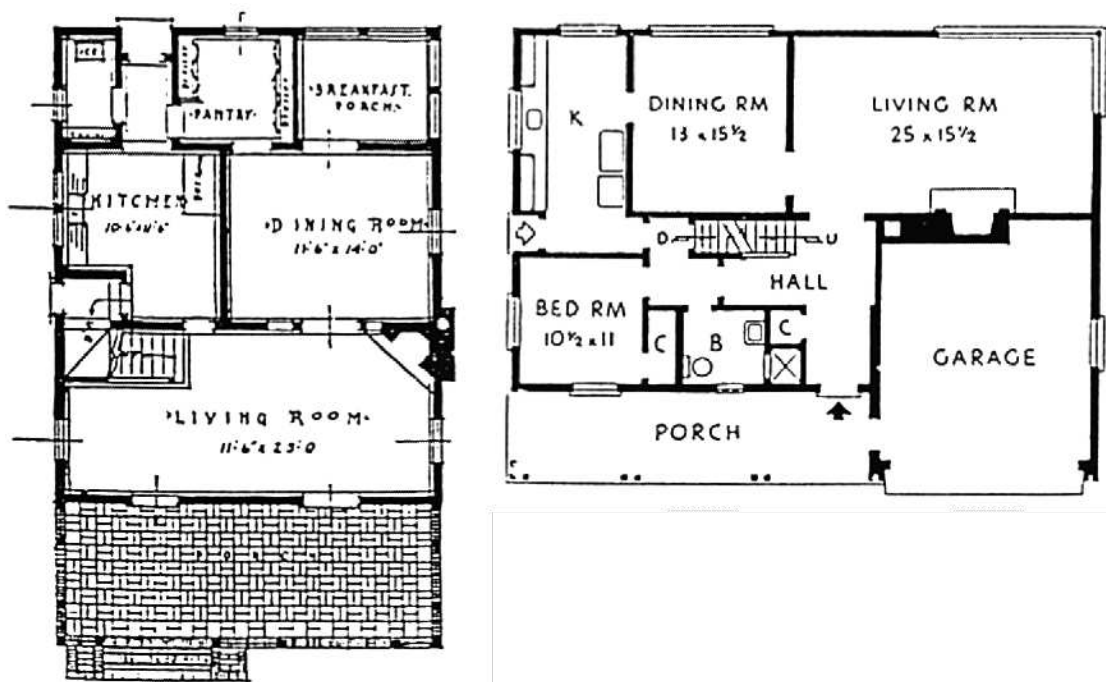
Das Ideal des Gesamtkunstwerks der Jugendstilbewegung um 1900 ist in Europa der Ausgangspunkt für das architektonische Interesse an der Küche als gestalteter und in das Wohnen integrierter Raum (Hanisch & Widrich, 1999, p. 19). Zwar waren Küchen nach wie vor räumlich im Wirtschaftsflügel von den Ess- und Wohnräumen getrennt, jedoch begann mit der Eingliederung der Küche in das künstlerische Gesamtkonzept des Hauses eine architektonische Neubewertung und damit eine Aufwertung der Küche. Leopold Bauer setzt dieses Prinzip konsequent um indem er Wände, Fußboden und Möbel einem einheitlichen Gestaltungskonzept unterwirft.



Leopold Bauer, Küche ca. 1901/1902 (Hanisch & Widrich, 1999, p. 22)

Eine interessante Entwicklung findet sich in Häusern insbesondere der amerikanischen Mittelklasse am Beginn des 20. Jahrhunderts. Ein typischen Haus besaß neben der Küche zwei weitere daran angeschlossene Räume: eine Speisekammer und eine Anrichte (Lupton & Miller, 1996, p. 44). In der Anrichte wurde Geschirr aufbewahrt und Speisen angerichtet. Räumlich war die Anrichte ein Zwischenraum, der den

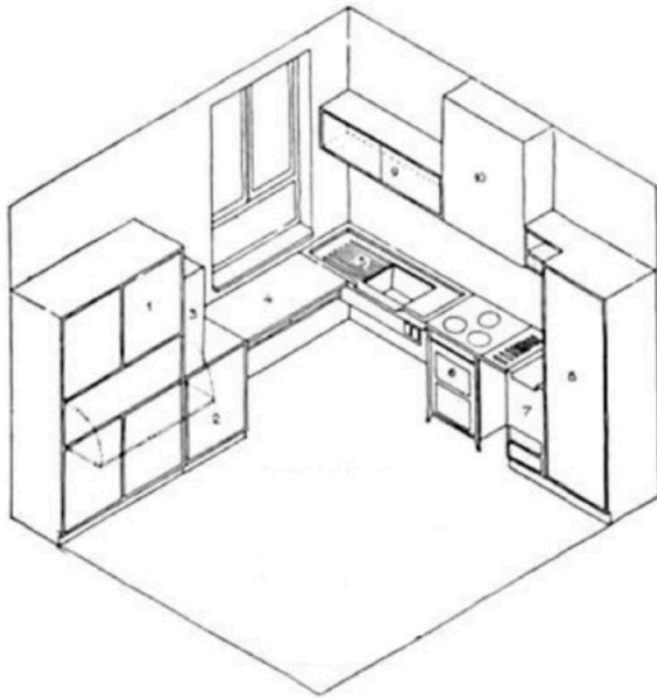
Essbereich von den Geräuschen und Gerüchen der Küche abschirmte. Durch den Wegfall der Hausangestellten auf der einen Seite, und moderne Gasherde und elektrische Belüftung auf der anderen Seite wurde diese Pufferzone zunehmend überflüssig, und die Küche rückte räumlich näher an das Esszimmer heran. Der gewonnene Platz wurde in Form von Geschirrschränken und Regalen der Küche oder dem Esszimmer zugeschlagen. Kulturwissenschaftlich lässt sich auch die These vertreten, dass durch den Wegfall der Anrichte Raum für ein neues Gerät der vorstädtischen Mittelklasse entstand: das Automobil (Lupton & Miller, 1996, p. 44).



Grundrisse zweier amerikanischer Häuser der Mittelklasse. Das Haus von 1916 (links) besitzt eine Anrichte (pantry). Die Haus von 1939 (rechts) eine Garage (Lupton & Miller, 1996, p. 44)

Rationalisierung der Küche

Nach dem Ersten Weltkrieg begann in den europäischen Städten der öffentliche Geschoßwohnbau. Er hatte zum Ziel, neue und verbesserte Wohnverhältnisse für die große Zahl an Arbeitern und Angestellten zu schaffen (Hanisch & Widrich, 1999, p. 23). Gleichzeitig führten gesellschaftliche Umwälzungen und beginnende Emanzipationsbewegungen in dieser Zeit zu einer Doppelbelastung der Frauen: Hausarbeit innerhalb, und berufliche Tätigkeit außerhalb des Hauses. Die Entlastung der Hausfrau wurde zu einer gesellschaftspolitischen Aufgabe, die gleichzeitig im Bauprogramm des Geschoßwohnbaus mit verringerter Raumgröße und begrenzten



Perspektive der Stuttgarter Kleinküche von Erna Meyer, 1927 (Lupton & Miller, 1996, p. 49)



Frankfurter Küche von Margarete Schütte-Lihotzky, 1929 (Abbildung von Rekonstruktion, Quelle: MAK, Wien 1990)

Aus den Überlegungen zur Rationalisierung des Haushalts entstanden die einflussreiche Frankfurter Küche von Margarete Schütte-Lihotzky und die Stuttgarter Kleinküche von Erna Mayer und Hilde Zimmermann. Ein Drehstuhl, der nicht auf den Abbildungen zu sehen ist, war ein wichtiger Einrichtungsgegenstand beider Küchen. Er ermöglichte es, viele Tätigkeiten im Sitzen auszuführen (Meyer, 1927, p. 302). Dieser ausschließlich auf die Küchenarbeit ausgerichtete Raum sollte effiziente und zeitsparende Arbeitsabläufe ermöglichen. Neben der Küche als eine auf Kraft- und Zeitersparnis optimierte Arbeitsstätte legte Schütte-Lihotzky in der Farb- und Materialwahl der Frankfurter Küche ebenso Wert auf die sinnlichen Qualitäten, die allerdings in der späteren Rezeption ihrer Küche kaum Erwähnung finden (Hanisch & Widrich, 1999, p. 30).

Während die Frankfurter Küche hauptsächlich im Siedlungsneubau zum Einsatz kam, konnte die Stuttgarter Kleinküche aufgrund ihrer L-Form an unterschiedliche Raumformen angepasst und nachträglich in Altbauten eingebaut werden (Meyer, 1927, p. 300). Die durchgehenden Arbeitsfläche, bis heute wesentliches Merkmal der Küche, nimmt ihren Ausgangspunkt in der linearen Rationalisierung der Arbeitsschritte. Zuvor separat platzierte Gegenstände wie Herd, Abwasch, Schränke und Tische zum Anrichten werden verbunden. Einzig der Kühlschrank widersetzt sich aufgrund seiner Höhe - wie auch heute noch - oftmals der Möglichkeit zur Integration.



Westinghaus Küche um 1940 (Lupton & Miller, 1996, p. 55)

Automatisierung der Küche

1970 entstand der Prototyp einer vollautomatischen Küche von Hasso Gehrman unter dem Namen Elektra Technovision. Die Küche sollte als „perfekter Gehilfe“ der Hausfrau Zeit und Kraft sparen. Um einen Arbeitsplatz in der Mitte gruppierte Gehrman links eine Säule für Geräte und rechts eine Säule als Essplatz und Vorratsschrank. Von der mittleren Sitzposition aus konnten über Pedale und Knöpfe alle Elemente gesteuert und Bildschirme im Blick behalten werden. Parallelen lassen sich zu Luigi Colanis kugelförmigem Prototypen ziehen, der zur gleichen Zeit für die Firma Poggenpohl an einer Vision der Küche arbeitete. Beide Entwürfe lassen keine Zweifel über die klar definierte weibliche Position im Zentrum der Küche aufkommen. Während Gehrmanns Küche jedoch als Objekt eines Raum wirkt, bildet Colanis Küche selbst einen abgeschlossenen Raum. Die von der Raumfahrt inspirierte Küche als Satellit wird von einem zentralen Drehstuhl aus gesteuert. Als eigenständige Kapsel sollte die Küche an beliebiger Position an Wohnräume angedockt werden können.



Elektra Technovision - automatische Küche von Hasso Gehrman für Elektra Bregenz, 1970
(Quelle: SKB)



Luigi Colanis kugelförmige Küche „experiment 70“, 1970 (Quelle: Poggenpohl Möbelwerke GmbH)

Die „Moley Robotic Kitchen“ (MK1) kann als eine Fortschreibung des Rationalisierungsgedankens der zwanziger und dreißiger Jahren und des Automatisierungsgedankens der sechziger und siebziger Jahre gesehen werden. Während sich zunächst noch die handelnde Person bewegte, bewegen sich bei Gehrmanns vollautomatisierter Küche die Küchenelemente rund um eine zentral positionierte Person. Aus dieser zentralen Position heraus werden Vorgänge ähnlich einem Steuerungsraum orchestriert und überwacht.

Die MK1 ist eine automatisierte Kücheneinheit, die eine Auswahl an Speisen autonom zubereitet. Sie orientiert sich an der Vision, dass jegliche menschliche Handlung in der Küche von Roboterarmen reproduziert werden kann. Gleichzeitig werden menschliche Bewegungen als Vorgabe verstanden, die es zu imitieren und kopieren gilt. Dazu werden die Abläufe und die Handgriffe eines professionellen Kochs aufgezeichnet und durch zwei humanoide Roboterarme exakt wiedergegeben. Abgesehen von zwei Roboterarmen entspricht die „Moley Robotic Kitchen“ einem gewöhnlichen Küchenarbeitsplatz bestehend aus Arbeitsfläche, Herdplatten, Kühlschrank, Abwasch und den üblichen Küchenwerkzeugen. Über einen Touchscreen können Gerichte nach bestimmten Parametern durchsucht und mit anderen Nutzern geteilt werden. Das

Ergebnis sind fertig zubereitete Speisen, die bis auf das Bereitstellen der Zutaten ohne menschliche Handgriffe auskommt.



Prototyp der Moley Robotic Kitchen, 2015 (Quelle: <https://www.moley.com/> [Zugriff: 25.07.2019])

Die Trägermedien und Formen der Technisierung können an der MK1 wie folgt beschrieben werden (Rammert, 2007): Eine Person führt die Bewegungen bei der Zubereitung einer Speise aus. Diese Bewegungen werden über Algorithmisierung in einzelne Befehle und symbolische Zeichen eines Computerprogramms umgewandelt. Diese symbolischen Zeichen werden anschließend auf die Mechanik der Roboterarme übertragen. Um eine wiederholbare und zuverlässige Ausführung zu erreichen, finden die Übertragungen in diesem Schema der Technisierung möglichst ohne Verluste statt. Die menschlichen Bewegungen und Handlungen werden als Vorbild verstanden, das jederzeit durch die Maschine wiederholt werden kann. Die menschliche Handlungen in Form der Zubereitung einer Speise werden technisch vervielfältigt und mit gleichbleibender Qualität reproduziert. Auf der Ebene des gradualisierten Handlungsbegriffs steht die automatisierte Küche auf der ersten Ebene des Bewirkens von Veränderung (siehe Kapitel: Technik als Handlungsträger). Das Handeln genügt hier einer Abfolge von Aktivitäten, die keine Interaktivität oder Reflexivität des Handeln erfordert.

Geschlechtstypische Rollenbilder

Kaum ein Bereich des Haushalts steht so stark für die geschlechtsspezifische Ungleichheit häuslicher Arbeit wie die Küche. Die unterschiedlichen Strategien und Organisationsformen der Küche im 20. Jahrhundert standen daher stets unter der gesellschaftspolitischen Prämisse einer Erleichterung häuslicher Tätigkeiten und damit einer Entlastung der Hausfrau. Räumliche oder organisatorische Veränderungen der Küche, die unter anderem von Frauenbewegungen vorangetrieben wurden, schafften es jedoch nicht, die Rolle der Frau in der Küche vollständig zu überwinden.

Schütte-Lihotzkys Frankfurter Küche war auf die Abläufe einer einzelnen Person ausgerichtet. Geschlechtstypische Rollenbilder werden in die organisatorischen Abläufe und in den Raum der Küche *eingeschrieben*. Die symbolische und räumliche Verankerung in der Küche kulminierte in der eingeschlossenen Position der Frau in Luigi Colanis Kugelküche (1969). Die Rationalisierung und Spezialisierung der Tätigkeiten verfestigt die Position der Frau in den Handlungsabläufen und damit auch in den räumlichen Strukturen der Küche.

Nicht eingeschlossen, aber dennoch in ihrer zentralen Position verankert befindet sich die Frau in Gehrmanns vollautomatischer Küche. Das Prinzip des Panopticons⁸ lässt sich hier in zweifacher Weise beobachten: Zum einen kann die Hausfrau von ihrer zentralen Position aus alle Abläufe steuern und die anwesenden Personen an ihren Plätzen beobachten. In dieser vermeintlichen Kontrollposition wird sie jedoch durch ihre Sichtbarkeit - im Gegensatz zum Prinzip des unbeobachteten Beobachters des Panopticons - selbst zur Kontrollierten. Auch wenn der Platz nicht besetzt ist, konstituiert der zentrale leere Stuhl symbolisch ihren Raum und markiert dadurch ihre Abwesenheit.

Die Technik scheint seit Jahrhunderten ein überwiegend männlicher Aktivitätsraum zu sein (Köck, 2010). Dennoch haben sich mit der zunehmenden Technologisierung der Küche die geschlechtstypischen Rollen in häuslicher Arbeit kaum verändert. Das liegt

⁸ Das Konzept eines Panoptikums wurde von Jeremy Bentham Ende des 18. Jahrhunderts entwickelt und ist ein Konstruktionsprinzip, das es ermöglicht, viele Menschen durch eine einzelne Person zu überwachen. Umgesetzt wurde das Konzept in Gefängnissen und Fabrikhallen. Die gebaute Struktur, die einer Strahlenbauweise folgt, unterstützt eine permanente Überwachung, wobei die überwachten Personen nicht wissen, ob sie überwacht werden, da sich der Überwacher für die Überwachten nicht sichtbar im Dunkeln befindet. Die potentielle Anwesenheit eines Wärters genügt, um das Gefühl einer Überwachung zu erzeugen.

mitunter daran, dass Frauen der Technik überwiegend als Nutzer und Anwender gegenüberstehen, während Männer die vielfältigen Prozesse und Handlungen bei der Entstehung von Technik dominieren (Köck, 2010). Dies führt zu dem Effekt, dass eine vorwiegend von Männern gestaltete Technik die vorwiegend von Frauen ausgeführten Tätigkeiten strukturieren und organisieren. Bei aller Erleichterungen, die technische Geräte für die Tätigkeiten im Haushalt bewirken, kann die zunehmende Technisierung der Küche auch als eine weitere Ebene der Verfestigung geschlechtstypischer Rollenbilder betrachtet werden.

Die Küche als Objekt und Raum

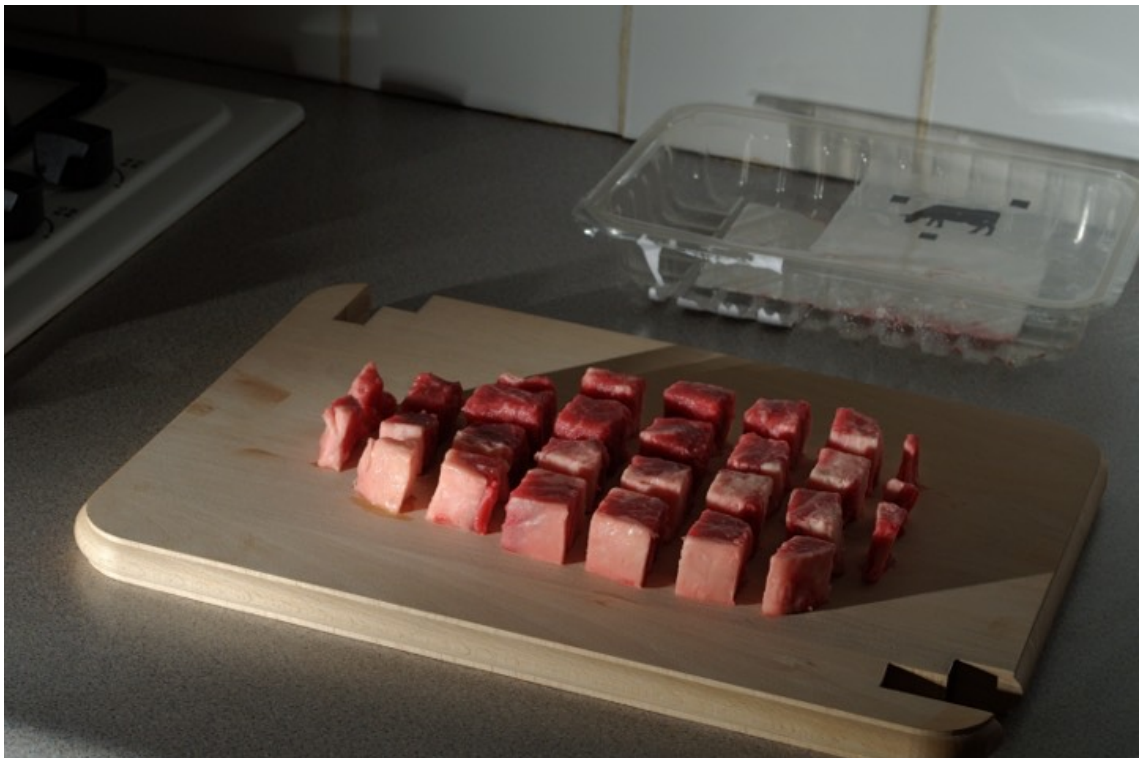
Aus formaler Perspektive kann man zwischen der Küche als Raum und der Küche als Objekt unterscheiden. Anhand dieser Unterscheidung lassen sich auch die historischen Entwicklungen der Integration der Küche in den Wohnbereich und deren Isolierung davon verfolgen. Im ersten Fall ist die Küche Lebens- und Erfahrungsraum. Die isolierte Küche fasst die Küche als reine Arbeitsstätte auf. Beispiele für die Küche als Arbeitsstätte sind die rationalisierten Einbauküchen der 1920er und 1930er Jahre, etwa die Frankfurter Küche von Schütte-Lihotzky oder die Stuttgarter Kleinküche von Erna Mayer und Hilde Zimmermann. Die dem Konzept der Küche als Raum entgegenstehende Ausformung der Küche als Objekt rückt deren ästhetische und formale Eigenschaften in den Mittelpunkt.

Während sinnliche Qualitäten bei altersgerechten Assistenzsystemen oft einen geringeren Stellenwert besitzen, inszeniert die Moley Robotic Kitchen das Objekt selbst und die Bewegungen des Kochens als einen ästhetischen Prozess. Die Küche als funktional-ästhetisches technisches Objekt hat jedoch ihre Vorgänger. Hasso Gehrmanns entwarf eine vollautomatische Küche, welche die Zubereitung und den Verzehr von Speisen verband. Aus räumlicher Perspektive ermöglichte die Küche als Objekt die freie Aufstellungsmöglichkeit innerhalb des Wohnbereichs. Dadurch kam es zumindest in den Küchenvisionen der sechziger Jahre zu einer Verbindung von Wohnbereichen und Arbeitsräumen (Hanisch & Widrich, 1999, p. 41). Als eigenständiges Objekt, jedoch gänzlich abgeschlossen von anderen Räumen entwarf Luigi Colani eine kugelförmige Küche. Inspiriert vom Zeitgeist der beginnenden Raumfahrt übertrug er das Motiv eines Satelliten auf die Küche. Zum einen schuf er dadurch einen von anderen Bereichen abgeschlossenen Raum und grenzte den Küchenbereich damit von anderen Bereichen

des Hauses ab, zum anderen kann die Kugelküche als eigenständiges Objekt gesehen werden, das frei innerhalb des Wohnbereichs aufgestellt werden konnte.

Die Küche als professionelles Arbeitsumfeld

In der Architekturgeschichte hat es vermehrt Ansätze zur Effizienzsteigerung und Rationalisierung der Küche gegeben. Der Raumaufteilung wurde optimiert bei gleichzeitiger zeitlicher Optimierung der Arbeitsabläufe in der Küche. Am Beginn des 20. Jahrhundert wurden hierfür vermehrt Prinzipien und Techniken aus dem professionellen Arbeitsumfeld in den Privathaushalt übernommen. Das hat zu einer räumlichen Neuorganisation der Küche geführt. Als Vorbilder für die Frankfurter Küche dienten Schütte-Lihotzky etwa Speisewagenküchen, Apotheken und Labore (Hanisch & Widrich, 1999, p. 30).



With Robots (2011) Diego Trujillo-Pisanty: Geschnittenes Fleisch als Präzisionsarbeit (Quelle: <http://trujillodiego.com/work/withrobots.html/> [Zugriff: 25.07.2019])

Heute lässt sich eine ähnliche Tendenz zur Integration leistungsfähiger Technik beobachten. Haushaltsgeräte werden zu Netzwerken verbunden und mit künstlichen Intelligenz ausgestattet, wie etwas das Cooking Navi (Hamada et al., 2005), der Kochbot (Schäfer, Arnold, Ostermann & Reifers, 2013) oder Chef Watson von IBM. Die künstliche Intelligenz bei Chef Watson, die in der Medizin für Tumordiagnostik

verwendet wird oder an der Börse Aktienportfolios verwaltet, schlägt individuelle Rezepte und neue Geschmackskombinationen vor. Roboterarme aus der industriellen Robotik werden in der automatisierten Küche MK1 als präzise Greifwerkzeuge eingesetzt. Die Rationalisierung findet heute durch den Einsatz neuester Techniken und Methoden der Informations- und Kommunikationstechnologie statt.

Die Küche als Prestige- und Designobjekt

Die Wandlung des Kochens von einer versteckten zu einer repräsentativen und auch kulturell bedeutungsvollen Tätigkeit zeigt sich in einer zunehmenden Ästhetisierung, Formalisierung und Inszenierung der Küche in heutiger Zeit. Als Vorläufer dieser Tendenz können die Schau- oder Prachtküchen des achtzehnten Jahrhundert gesehen werden (Hanisch & Widrich, 1999, p. 46). Sozial Privilegierte richteten sich mit kostspieligen Materialien und Gegenständen ausgestattete Küchen zusätzlich zu den eigentlichen Küchen eines Hauses ein. Sie dienten weniger der Befriedigung alltäglicher Bedürfnisse, sondern romantisierten das bäuerliche Landleben.

Die tatsächliche Auflösung der Grenze von Wohnbereichen und Arbeitsräumen wie der Küche war nur durch eine Neubewertung des Kochens möglich (Hanisch & Widrich, 1999, p. 41). In Ausstellungen und Reporten der siebziger Jahre wurde versucht, das Kochen selbst zu einen kommunikativen und gesellschaftlichen Ereignis zu machen. Die Verbindung der Küche mit dem Wohnraum zu einer Wohnküche zeigt sich in dem von Otl Aicher für die Firma Bulthaup typischen Küchenentwurf mit Zubereitungsinsel. Die Bespielung der Mitte des Raumes ermöglichte - zumindest theoretisch - eine Beteiligung mehrerer Personen am Geschehen in der Küche.

Die streng rationale Arbeitsküche wurde zugunsten offener Regale und frei gelagerter Geräte und Zutaten aufgelöst. Die Öffnung der Küche für alle Bewohner überspielte dennoch die real existierenden Unterschiede der täglichen Kochtätigkeit, die nach wie vor meist von Frauen ausgeführt wurde. Dennoch konnte durch die Neubewertung der Tätigkeit die Küche zu einen kommunikativen und gesellschaftlichen Ort werden. In bäuerlichen Haushalten war die Wohnküche trotz aller Küchenentwicklungen im Wohnbau des 20. Jahrhunderts stets die bevorzugte Variante.



Cover der Neuauflage von Otl Aichers Studie für Bulthaup (Aicher, 1982)



Kücheninsel Mitte des Raumes und darüber angeordnete Hängeelemente, 1984 (Quelle: Bulthaup)

In abgeschwächter Form gewinnt die Küche seit den fünfziger Jahren auch in Durchschnittshaushalten durch Designobjekte eine gewisse Bedeutung als repräsentativer Ort (Hanisch & Widrich, 1999, p. 46). Die Inszenierung der Kochtätigkeit in den siebziger und achtziger Jahren bildet einen Gegenpol zur Rationalisierung und Optimierung der Küche in den zwanziger und dreißiger Jahren. In diesem Sinne ist Coop Himmelb(l)aus Küche „Mal-Zeit“ (1987) als Prestige- und Designobjekt zu verstehen.

In diesem Kontext kann die „Moley Robotic Kitchen“ MK1 als eine zeitgemäße Interpretation der historischen Schau- oder Prachtküchen gesehen werden. Wo die grundlegenden Bedürfnisse durch Essenzustellung oder Restaurants befriedigt sind, kann die Küche als Prestigeobjekt funktionieren. Die automatisierte Kochtätigkeit kann auch als Gegenentwurf zu und Abgrenzung von einer durch Convenience und Fast Food geprägten Gesellschaft interpretiert werden.



"Mal-Zeit" von Coop Himmelb(l)au, 1987 (Quelle: Ewe Küchen)

10.2. Die Küche als technologischer Assistenzraum

Viele Assistenzsysteme und soziale Roboter werden speziell für Anwendungen in der Küche entwickelt, wo sie Teilhandlungen übernehmen und dadurch Handlungskonstellationen mit Personen bilden. Assistenzsysteme sollen die Lebensqualität älterer oder behinderter Personen verbessern und ihnen ein möglichst langes, aktives und selbständiges Leben im privaten Zuhause ermöglichen. Soziale Roboter werden dadurch Teil eines Kommunikationssystems, deren Aufgaben im Haushalt mit historischen, kulturellen und sozialen Praktiken bzw. Hierarchien verbunden ist. Viele Aktivitäten des täglichen Lebens (Instrumental Activities of Daily Living - IADLs) finden in der Küche statt oder stehen mit diesem Raum in Zusammenhang: Zubereitung von Essen, Essen und Trinken, Einnahme von Medikamenten, Einkauf und Sauberhalten des Haushalts. Assistenzsysteme werden daher zunehmend zur Unterstützung von Tätigkeiten in der Küche entwickelt.

Die Assistenzleistung aktueller Unterstützungssysteme in der Küche können in drei Kategorien unterteilt werden:

- Visuelle Assistenz: Bildschirme oder Projektionen von Informationen auf Oberflächen (z.B. Rezepte, Anweisungen) oder visuelle Warnsignale (z.B. rote Anzeige für heiße Herdplatte).
- Akustische Assistenz: Anleitung von Arbeitsschritten, Warnsignale.
- Physische Assistenz: Manipulation von Lebensmitteln in der Zubereitung von Speisen (z.B. Handrührgerät) oder von Gegenständen in der Küche (z.B. Tablett mit Speisen vom Herd zum Essplatz bringen).

Im Bezug zur materialen Verschränkung von Technik und Küchenraum kann zwischen eigenständigen, oft mobilen Robotern und einer Integration der Technologie in bestehende Ordnungen (z.B. Küchenschränke) unterschieden werden. An manchen Assistenzsystemen lassen sich beide Ansätze in Form einer materialen Verschränkung beobachten.

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl von Forschungsprojekten zu Assistenzsystemen und sozialen Robotern in der Küche.

Tabelle 9: Forschungsprojekte zu Assistenzsystemen und sozialen Robotern in der Küche

	Assistenzleistung	Räumliche Positionierung	Jahr	Zielgruppe
MOVAID	v a p	R I	1999	Ä
CounterIntelligence	v	I	2005	-
Intelligent Kitchen	v a	R I	2005	-
ARMAR-III	p	R	2006	-
Kitchen of the Future	v a	I	2007	-
Assistive Kitchen	p	R I	2008	Ä
PEIS-Home	p	R I	2008	Ä
Ambient Kitchen	v a	I	2009	- Ä
inKüche	v a	I	2011	Ä
Care-O-bot 3	v a p	R	2013	Ä
Smart Kitchen	v	I	2008 - 2014	-
Tweety (SCITOS G3)	v a	R	2017	Ä
Moley Robotic Kitchen	v a p	I	2018	-

Legende:

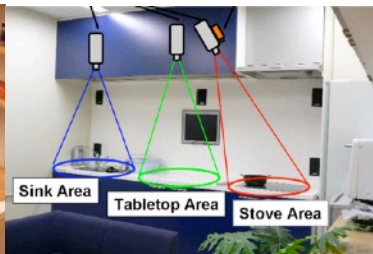
- Assistenzleistung: visuelle (v), akustische (a) und physische (p) Assistenz
- Räumliche Positionierung: mobiler Roboter (R) oder Integration in die Küche (I)
- Zielgruppe: Ältere Menschen (Ä), keine spezielle Zielgruppe (-)



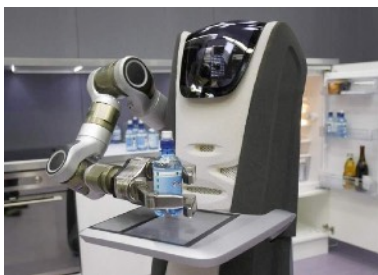
MOVAID (Dario, Guglielmelli, Laschi & Teti, 1999)	CounterIntelligence (Bonanni, Lee & Selker, 2005)	Intelligent Kitchen (Nakauchi, Fukuda, Noguchi & Matsubara, 2005)
---	---	--



<p>ARMAR-III (Morales et al., 2006)</p>	<p>Kitchen of the Future (Siiio, Hamada & Mima, 2007)</p>	<p>Assistive Kitchen (Beetz et al., 2008)</p>
---	---	---



<p>PEIS-Home (Saffiotti et al., 2008)</p>	<p>Smart Kitchen (Hashimoto et al., 2008) (Hashimoto, Sasada, Yamakata, Mori & Minoh, 2014)</p>	<p>Ambient Kitchen (Olivier, Xu, Monk & Hoey, 2009)</p>
---	---	---



<p>Care-O-bot 3 (Reiser, Jacobs, Arbeiter, Parlitz & Dautenhahn, 2013)</p>	<p>Moley Robotic Kitchen MK1 (2015 -)</p>	<p>Tweety, SCITOS G3 (Richter, 2017)</p>
--	---	--

In der Küche wirkt Technik – von Haushaltsgeräten bis Assistenzsystemen – in unterschiedlicher Weise in diesem und auf diesen Raum:

- Technik ist Gegenstand gestalterischer Planung. Sie wird etwa nach funktionalen, ästhetischen oder ergonomischen Kriterien entwickelt und angeordnet.
- Technik wirkt in ihrem Gebrauch auf die Handlungen, die in diesem Raum stattfinden. Sie kann Wahl- und Handlungsmöglichkeiten eröffnen, begünstigen oder einschränken. In ihrer Verwendung und im Zusammenspiel mit anderen Objekten und Techniken stecken sie das Spektrum möglicher Handlungen ab. Technik kann die Effizienz und den Komfort von Handlungen steigern (Handrührgerät statt Schneebesen / Mikrowelle statt Herd) oder bestimmte Tätigkeiten überhaupt erst ermöglichen, die ohne den Einsatz einer Technik nicht möglich wären.
- Technik wirkt über ihre Potentialität. Maschinen und Geräte zeigen, welche Tätigkeiten potenziell möglich oder erwünscht sind. Bei allen Vorgaben und Einschränkungen in ihrer Handhabung besitzen Technologien auch die Chancen auf Veränderung und alternative Nutzungsmöglichkeiten.
- Technik ist Ausdruck und Präsentationsfläche persönlicher Präferenzen und Werte. Maschinen und Geräte drücken bestimmte Einstellungen und Werte wie Technikeuphorie oder Traditionsbewusstsein aus.

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Tätigkeiten und deren handwerklichen Komplexität in der Küche gibt es bislang meist nur Insellösungen für einzelne Aufgaben: Kaffeemaschine, Reiskocher oder Geschirrspüler. Ebenso sind Assistenzsysteme oft auf eine spezifische Unterstützungsleistung ausgerichtet. Indem Maschinen und Geräte Teil des Ensembles Küche werden, nehmen sie Einfluss darauf, welche Handlungen in diesen Räumen möglich sein sollen und welche nicht. In dieser normativen Funktion eröffnen sie bestimmte Handlungsspielräume und verschließen andere (Miklautz et al., 1999). Technologie ist dadurch Teil und Ausdruck einer gesellschaftlichen und individuellen Lebensgestaltung.

ABSCHNITT IV: ANKNÜPFUNGSPUNKTE FÜR DIE PRAXIS

11. Dimensionen der Ko-Konstitution sozialer Räume

Durch soziotechnische Konstellationen entstehen neuartige soziale Räume, die durch die Verkörperung der Technik und deren Handlungen konstituiert werden (Spacing). Die Synthese von Räumen findet durch menschliche Akteure und durch technische Systeme statt (Syntheseleistung). Die Prozesse des Spacing und der Syntheseleistung vermitteln die Wechselwirkungen von Mensch, Roboter und Raum, die zur Ko-Konstitution sozialer Räume führt.

Es lassen sich drei Analyserichtungen mit unterschiedlichen Wirkungsweisen bei der Betrachtung des Verhältnisses von Technik und Raum unterscheiden. Der Begriff Technik steht hier stellvertretend für soziale Roboter und Assistenzsysteme, mit Raum sind insbesondere Wohnumgebungen gemeint. Die in dieser Arbeit entwickelte Perspektive gründet sich vor allem auf die Wechselwirkungen zwischen Raum und Technik.

Tabelle 10: Analyserichtungen bei der Betrachtung des Verhältnisses von Technik (z.B. soziale Roboter und Assistenzsysteme) und Raum (z.B. Wohnumgebungen)

Analyserichtung	Wirkungsweise der Raum-Technik-Konstellation
Technik → Raum	Wie wirkt eine Technik auf den Raum?
Raum → Technik	Wie wirkt ein Raum auf eine Technik?
Raum ↔ Technik	Welche Wechselwirkungen entstehen zwischen Raum und Technik?

Entlang der wechselseitigen Beziehung von Technik und Raum zeigen die folgenden Dimensionen Orientierungspunkte für die Technikentwicklung. Die Dimensionen bilden kein umfassendes Konzept zur Gestaltung und Entwicklung sozialer Roboter, sie sollen vielmehr die räumlichen Wirkungsebenen sozialer Roboter und anderer Assistenzsysteme aufzeigen, um diese bereits in die Entwicklung einzubeziehen und mögliche Auswirkungen auf die Gestaltung menschlicher Lebensräume berücksichtigen zu können. Die wesentlichen Aspekte der Ko-Konstitution sozialer Räume durch Roboter und Assistenzsysteme werden anhand folgender Dimensionen beschrieben:

- Materiale Verschränkung
- Handlungsbezug

- Synthese von Räumen
- Atmosphärische Verschränkung

Ergänzend werden für jede Dimension Leitfragen formuliert, entlang derer sich die praktische Berücksichtigung der räumlichen Aspekte im Entwicklungsprozess sozialer Roboter und Assistenzsysteme orientieren kann.

11.1. Materiale Verschränkung von Technik und Raum

Die materiale Verschränkung von Technik und Raum fragt nach der relationalen Positionierung der Technik. Bei der materialen Verschränkung lassen sich daher zwei unterschiedliche Ansätze beobachten, wobei diese Ansätze als sich ergänzend und nicht ausschließend zu verstehen sind. Sie können analytisch als Integration oder als Separation beschrieben werden. Am Beispiel der Küche als Assistenzraum wurde zwischen eigenständigen, teils mobilen Robotern und einer Integration der Technik in bestehende Ordnungen (z.B. Küchenschränke) unterschieden.

Das Konzept des sogenannten *ubiquitous computing* (Weiser, 1993) und die Entwicklung autonomer, verkörperter Akteure ergänzen sich zunehmend. Weisers Ansatz geht davon aus, dass Technologie in das Gewebe des Alltags eingeflochten ist und letztendlich in diesem Gewebe des Alltags aufgeht. Während dies auf manche Technologien zutrifft, formen soziale Roboter ein personenhaftes Gegenüber. Auch Gebäude werden zunehmend durch Steuerungseinheiten, Aktoren und auch mobile Technik erweitert, die in ihrem Zusammenwirken alltägliche Handlungs- und Wahrnehmungsräume ausbilden. Soziale Roboter können als eine mobile Erweiterung der technischen Infrastrukturen von Gebäuden verstanden werden, die auf einer informations- und wirkungstechnischen Ebene durch drahtlose Netzwerke, Sensoren und Aktoren miteinander verbunden sind.

Im Gegensatz zur analytischen Unterscheidung tritt die Integration oder Separation von Technik und Raum in der Praxis meist gemischt auf. Während etwa der humanoide Roboter Pepper eine materiell abgeschlossene Einheit bildet, werden manche Räume oder Gebäudeteile mit einzelnen robotischen Elementen erweitert. Bei der *Moley Robotic Kitchen* bereiten beispielsweise zwei an der Küchenwand oder Küchendecke montierte Roboterhände Mahlzeiten zu. Im Forschungsprojekt LISA Habitec (Engler & Schulze, 2016) verbinden sich robotische Elemente und Gebäudeteile wie Decken oder Wände zu robotischen Mikroräumen.

Leitfragen zur materialen Verschränkung von Technik und Raum:

- Zu welchem Grad sind Roboter und Raum auf materieller, informations- und wirkungstechnischer Ebene integriert?
- Welche Anforderungen stellen die Handlungen des Roboters an den Raum?
- Welche materiellen Anpassungen des Raumes erfordert die Nutzung des Roboters?
- Welche materiellen Anpassungen des Raumes sind durch den Einsatz des Roboters zu erwarten?

11.2. Handlungsbezug von Technik und Raum

Handeln beansprucht und konstituiert Raum. Auch Technik benötigt Raum, um zu handeln, gleichzeitig konstituiert deren Handeln diesen Raum. Technik und Raum sind auf diese Weise durch ihren Handlungsbezug verbunden, der durch den räumlichen Konstitutionsprozess des Spacing beschrieben wird. Soziale Roboter positionieren sich aktiv, lassen sich passiv positionieren oder positionieren andere Objekte oder Personen. Durch ihre Interaktionsfähigkeit stehen insbesondere soziale Roboter in einem direkten Handlungsbezug zu anderen Handelnden und der materiellen Umwelt. Räume können Handlungsmöglichkeiten anbieten, eröffnen oder verschließen. Dies gilt für menschliche Akteure, für Technik als Handlungsträger und ebenso für verteiltes Handeln von Mensch und Technik. Durch die Interaktionen menschlicher und technischer Akteure werden neue Handlungsmöglichkeiten geschaffen.

Vormals von Menschen direkt gesteuerte Technik entfernt sich mit zunehmender Handlungsfähigkeit und Autonomie von der unmittelbaren Handhabung durch eine Person. Die zuvor an der menschlichen Handhabung ausgerichteten Objekte und Räume sind nun zusätzlich oder zu einem gewissen Grad auch an den Affordanzen technischer Handlungsträger ausgerichtet. Rammert spricht von einer Widerständigkeit technischer Handlungsträger, die den Absichten und Konzepten menschlicher Akteure entgegenstehen, diese beeinflussen und umlenken können (Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002). In ähnlicher Weise lässt sich eine Widerständigkeit des Raumes

beobachten. Auch Objekte und Räume setzen Handlungen sozialer Roboter durch ihre spezifische Beschaffenheit eine Widerständigkeit entgegen. Damit ein Roboter einen Gegenstand greifen kann, muss der Gegenstand so beschaffen sein, dass er für den Roboter greifbar ist. Die Handlung des „Greifens“ wird zu einer Eigenschaft des Objektes, nämlich „greifbar“. Damit sich ein mobiler Roboter in einer Wohnung frei bewegen kann muss er in der Lage sein, etwaige Stufen oder andere Hindernisse zu überwinden. Neue Handlungsbezüge fallen insbesondere an den Stellen auf, wo sie dem Gewohnten widersprechen.

Neben der materiellen Komponente weisen Handlungssituationen auch eine symbolische Komponente auf. Handlungen sind von symbolischen Aspekten geleitet, wenn sie sich etwa an Normen, Werten, Rollenerwartungen oder Institutionen orientieren (Löw, 2001, p. 192). Mit jeder Bewegung oder jedem Greifen eines Gegenstandes wird auch eine symbolische Wirkung erzielt. Wie positioniert sich ein Roboter? Wem zuwendet er sich zu? Mit welcher Geschwindigkeit bewegt er sich? Jeder Aspekt dieser Handlungen setzt sich aus einer materiellen und symbolischen Komponente zusammen, die wiederum die Bedingungen einer Handlungssituation strukturieren.

Leitfragen zum Handlungsbezug von Technik und Raum:

- Welche Handlungsmöglichkeiten stellt ein Raum dem Roboter zur Verfügung?
- Wo setzt der Raum den Handlungen des Roboters einen Widerständigkeit entgegen?
- Welche Affordanzen der Objekte und der Räume werden von einem Roboter und welche von menschlichen Akteuren genutzt?
- Welche materiellen und symbolischen Handlungsbezüge mit der Umwelt entstehen durch die Handlungen eines Roboters?

11.3. Synthese von Räumen durch Technik

Die Synthese von Räumen durch einen Roboter beschreibt die Erstellung eines Raummodells durch das technische System. Roboter erfassen über Sensoren Informationen über die Umgebung, die durch verschiedene Algorithmen und Verfahren (z.B. object recognition, semantic scene labeling, SLAM) zu einem Raummodell verarbeitet werden. Welche Informationen erfasst und wie sie verarbeitet werden, ist entscheidend für die Konstitution des technischen Raummodells, da die Handlungen eines Roboters auf diesen Informationen beruhen.

Menschen wie Roboter konstituieren am gleichen Ort unterschiedliche Räume, die nebeneinander stehen, ausgehandelt werden oder in Konkurrenz zueinander existieren. Die Konstitution von Räumen und die Verfügungsmöglichkeit über diese wird so zum Gegenstand sozialer Aushandlungen. Bei der Entwicklung und Bewertung der Aufgaben, Rollen und Funktionen sozialer Roboter ist es wesentlich, die gesellschaftlichen, kulturellen sowie persönlichen Anordnungen und Zuschreibungen räumlicher Strukturen zu berücksichtigen.

Leitfragen zur Synthese von Räumen:

- Welche Aspekte des Raumes erfasst der Roboter und welche werden im Raummodell abgebildet (materielle, kulturelle, soziale, individuelle, gesellschaftliche, gruppenspezifische ...)?
- Auf welchen (Vor)Informationen basiert das Raummodell des Roboters?
- Erfolgt die Synthese des Raumes autonom, durch Interaktion mit dem Raum oder durch Interaktion mit anderen Akteuren?
- Wodurch kann die Synthese des Raumes und das Raummodell eines Roboters von einem Nutzer nachvollzogen werden?

11.4. Atmosphärische Verschränkung von Technik und Raum

Neben der materiellen und symbolischen Konfiguration besitzen Räume auch eine spür- und wahrnehmbare unsichtbare Seite, eine *Gestimmtheit*, die über die Wahrnehmung der

einzelnen Objekte hinausgehend auf die Raumkonstitution wirkt. Atmosphären entstehen in der Wechselwirkung eines wahrgenommenen Objektes mit dem wahrnehmenden Subjekt. Löw definiert Atmosphären als „die in der Wahrnehmung realisierte Außenwirkungen sozialer Güter und Menschen in ihrer räumlichen (An)Ordnung an Orten“ (Löw, 2001, p. 209). Atmosphären sind damit weder rein auf die Eigenschaft eines Objektes reduzierbar, noch reine Projektion eines Subjektes auf ein Objekt. Bei sozialen Robotern lässt sich die Herausbildung von Atmosphären auf zwei Ebenen beobachten: als Außenwirkung des Objektes Roboter und als Außenwirkung der Objekte und Menschen, mit denen ein Roboter in einem Handlungsbezug steht.

Soziale Roboter erzeugen durch Aussehen, Bewegungen und Handlungen eine Außenwirkung, die von Menschen wahrgenommen wird und die Atmosphäre von Räumen mitbestimmen oder verändern kann. Besonders auffällig sind Atmosphären, wenn sie dem Gewohnten oder der eigenen Stimmung widersprechen (Löw, 2001, p. 206). Eine ablehnende Reaktion auf einen Roboter wird oft mit der Hypothese des *uncanny valley* in Zusammenhang gebracht, die einen Zusammenhang zwischen der Menschenähnlichkeit eines Roboters und der menschlichen emotionalen Reaktion auf diese beschreibt (Mori, 1970). Wirkt ein Roboter unheimlich, bleibt diese Außenwirkung nicht isoliert, sondern wird zusammen mit dem Ort, anderen Objekten und Menschen als gemeinsames Arrangement wahrgenommen. Ein Ort kann durch die Außenwirkung eines Roboters als unheimlich, bedrohlich, vertraut oder sicher wahrgenommen bzw. erinnert werden. Umgekehrt wird die Außenwirkung anderer Objekte und Menschen zusammen mit dem Roboter als Teil eines Arrangement wahrgenommen. Atmosphären sind nicht auf die visuelle Wahrnehmung beschränkt. Sie können auch über Geräusche, wie das Surren eines Motors, oder Gerüche entstehen.

Atmosphären entstehen daher auch über die Außenwirkung der Objekte, mit denen Roboter in einem materiellen und symbolischen Handlungsbezug stehen. Das Projekt *With Robots* (Trujillo-Pisanty, 2011) zeigt verschiedene Gegenstände eines zukünftigen häuslichen Alltags, die in einem Handlungsbezug mit Robotern stehen. Durch die Modifikationen dieser Alltagsgegenständen wird die Anwesenheit eines Roboters nicht nur sichtbar, sondern auch atmosphärisch spürbar. Bereits subtile Änderungen vertrauter Objekte, die eine robotische Präsenz imaginieren lassen, wirken auf die Atmosphäre des Raums, auch ohne dass ein Roboter direkt sichtbar ist.

Leitfragen zur atmosphärischen Verschränkung von Technik und Raum:

- In welcher Weise wirkt ein Roboter über seine wahrnehmbare Außenwirkung auf die Atmosphären eines Raumes?
- Welche wahrnehmbare Außenwirkung erzeugen die Objekte, mit denen ein Roboter im Handlungsbezug steht?
- Wodurch unterscheidet oder ergänzt sich die Außenwirkung eines Roboters vom gemeinsamen Arrangement der Atmosphären anderer Objekte oder den Menschen an einem Ort?

12. Zusammenfassung und Diskussion

12.1. Zusammenfassung

Gegenwärtig dringt Technik in immer mehr Bereiche des Alltags und somit auch in soziale Räume vor. Bereits heute können wir in Wohnungen, am Arbeitsplatz und in öffentlichen Räumen eine zunehmende Verschränkung von technischen Systemen mit sozialen Räumen beobachten. Technik wirkt als Teil dieser sozialen Räume auf verschiedene menschliche Lebensbereiche, wo sie unsere Wahrnehmungen, Handlungen, Erlebnisse und Erwartungen mitgestaltet. Ein Blick auf die aktuelle Technikentwicklung zeigt, dass zukünftig insbesondere soziale Roboter und Assistenzsysteme Aufgaben in Wohnumgebungen übernehmen könnten, etwa als Komponente der Heimautomation, zur Unterstützung von Routinetätigkeiten im Haushalt oder als Assistenzsysteme für ältere Menschen.

Die soziale Robotik ist ein Innovationsfeld in dem technische, wirtschaftliche, soziale, rechtliche und ethische Fragestellungen verhandelt werden. Die aktuellen wissenschaftlichen Diskurse zu sozialen Robotern und Assistenzsystemen auf der einen Seite, und zu Architektur und Raum auf der anderen Seite haben sich jedoch bislang kaum gegenseitig rezipiert. Sie finden größtenteils unabhängig voneinander und ohne Bezugspunkte zueinander statt. Diese Arbeit zeigt – aus theoretischer und praktischer Perspektive – mögliche Ansatzpunkte für einen interdisziplinären Dialog zwischen Architektur und sozialer Robotik auf.

Welche Funktion sollen Roboter haben, wie sollen Roboter aussehen und wie wollen wir mit Robotern interagieren? Viele der bisherigen Lösungsansätze verfolgen einen stark technik-fokussierten Ansatz. Eine Hypothese, warum soziale Roboter für das Zuhause bislang gescheitert sind besagt, dass viele der aktuellen Konzepte und Prototypen an die alltäglichen Lebensräume fehlangepasst sind. Künstlerische und inklusive Ansätze der Technikgestaltung eröffnen neue Perspektiven auf diese Fragestellungen, die weniger mit den gängigen Vorstellungen und Erwartungen an Roboter gemein haben, jedoch der Komplexität von Objekten in Haushalten und dem alltäglichen Leben gerecht werden. Wohnumgebungen sind Orte spezialisierter menschlicher Verhaltensweisen und Bedürfnisse. Soziale Roboter stoßen im Zuhause in den komplexen Bereich alltäglicher Objekte und räumlicher Strukturen vor, die in Wechselwirkungen zu sozialen, kulturellen und gesellschaftlichen Strukturen stehen.

Am Beispiel sozialer Roboter untersucht diese Arbeit daher die Handlungszusammenhänge soziotechnischer Konstellationen in ihrem Verhältnis zu sozialen Räumen. Durch soziotechnische Konstellationen entstehen neuartige soziale Räume, die durch die Verkörperung der Technik, deren Handlungen und Interaktionen mit dem Menschen konstituiert und gestaltet werden. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf privaten Wohnumgebungen, da diese durch ein verstärktes Interesse an Heimautomation sowie altersgerechten Assistenzsystemen im Fokus aktueller Technologieentwicklungen stehen.

Ausgangspunkt der Überlegungen bildet ein techniksoziologisches Modell, das die Handlungsfähigkeiten und Handlungszusammenhänge technischer Systeme beschreibt. Dieses techniksoziologische Modell wird anhand sozialer Roboter in Wohnumgebungen veranschaulicht. Aus der Perspektive des Technopragmatismus wird ein soziologisches Modell zur Konstitution sozialer Räume um soziale Roboter und Assistenzsysteme als Handlungsträger erweitert. Wenn Raum in der Wechselwirkung von Handeln und Wahrnehmen entsteht, dann nehmen auch technische Systeme durch ihr Handeln Anteil an der Konstitution sozialer Räume. Technologie und Raum stehen dabei in einer reflexiven Beziehung. Technologie handelt in einem vorstrukturierten Raum, gleichzeitig strukturiert deren Handeln diesen Raum. Durch die Zusammenführung und Erweiterung technik- und raumsoziologischer Modelle werden soziale Roboter als raumkonstituierende Handlungsträger in menschlichen Lebensräumen diskutiert.

Die Arbeit eröffnet eine Perspektive auf die Prozesse und Wechselwirkungen, durch die soziale Roboter und Assistenzsysteme soziale Räume mitgestalten. Anhand konkreter Anwendungen von sozialen Robotern und Assistenzsystemen in Wohnumgebungen – insbesondere am Beispiel der Küche – werden die Prozesse einer verteilten Ko-Konstitution sozialer Räume beschrieben. Die Küche als architektonischer Raum und soziales System steht stellvertretend für einen Bereich des Wohnens, für den aktuell verstärkt Assistenzsysteme und soziale Roboter entwickelt werden.

Die räumlichen Wirkungsebenen von sozialen Robotern und Assistenzsystemen können entlang von vier Dimensionen der Ko-Konstitution sozialer Räume beschrieben werden. Die Dimension der materialen Verschränkung zeigt entlang von Integration und Separation die relationale Positionierung einer Technik zur Umgebung. Die Dimension des Handlungsbezuges veranschaulicht, wie soziale Roboter über Handlungen mit anderen Akteuren und der materiellen Umwelt verbunden sind. Die Dimension der Synthese von Räumen beschreibt, welche Aspekte des Raumes durch ein technisches

System erfasst und in einem Raummodell abgebildet werden. Die Dimension der atmosphärischen Verschränkung zeigt, in welcher Weise Roboter über ihre wahrnehmbare Außenwirkung auf die Atmosphären eines Raumes wirken.

Durch die Ko-Konstitution sozialer Räume durch technische Systeme wirkt die Technikentwicklung auf die Gestaltung zukünftiger Lebensräume. Ergänzend werden daher Leitfragen formuliert, an denen sich eine Technikgestaltung orientieren kann, um die räumlichen Aspekte im Entwicklungsprozess einzubeziehen und mögliche Auswirkungen auf menschliche Lebensräume zu berücksichtigen. Dadurch entsteht eine weitere Perspektive auf das Forschungsfeld der sozialen Robotik, die konstruktive Hinweise für die Entwicklung und Bewertung dieser Technologien liefert.

12.2. Diskussion und Ausblick

Am Beispiel sozialer Roboter eröffnet diese Arbeit eine architektonische Perspektive auf die Wechselwirkungen von Technik und Raum. Diese Wechselwirkungen werden über das Zugeständnis der Handlungsfähigkeit an technische Systeme wie soziale Roboter und Assistenztechnologien begründet. Die Wechselwirkungen von Raum und Technik in alltäglichen Handlungssituationen führen zu einer Ko-Konstitution sozialer Räume durch Assistenzsysteme und soziale Roboter. Die Analyse der Konstitutionsprozesse sozialer Räume zeigt, dass sich die Gestaltung zukünftiger Lebensräume bereits als Teil der Technikentwicklung stellt. Es werden Bezüge aufgezeigt, die es ermöglichen, ja sogar einfordern, die Entwicklung von Assistenzsystemen und sozialen Robotern nicht unabhängig von der Gestaltung der Lebensräumen zu denken.

Die in dieser Arbeit entwickelte integrative Perspektive kann dazu verwendet werden, um im Entwicklungsprozesse von sozialen Robotern und Assistenzsystemen eine räumliche Begutachtungsebene zu berücksichtigen: Wie können Assistenzsysteme so entwickelt und gestaltet werden, dass sie zu einer wünschenswerten Entwicklung menschlicher Lebensräume beitragen? In welchen Räumen wollen wir leben und welchen Beitrag kann die Technik dazu liefern? Die Frage nach den räumlichen Implikationen einer Technologie kann auch als eine Entscheidungshilfe in der Entwicklungsphase dienen.

Das Erfassen räumlicher Situationen durch soziale Roboter und Assistenzsysteme läuft für Benutzer meist nicht sichtbar ab und kann daher nur durch wahrnehmbare Signale

oder Handlungen nachvollzogen werden. Das Sichtbarmachen dieser technischen Syntheseprozesse könnte zu gemeinsamen Erfahrungszusammenhängen und so zu einem besseren Verständnis für die Handlungen von Robotern und Assistenzsystemen führen. Ebenso braucht es sinnvolle Strategien und Lösungen, die beabsichtigte Handlungen sozialer Roboter für den Benutzer verständlich kommunizieren. Wenn Menschen und Roboter jeweils Anteil an den Handlungen und Wahrnehmungen des anderen nehmen, kann dies zu mehr Akzeptanz dieser technischen Systeme führen.

Die Beziehung zwischen Mensch und Roboter reicht über die Analyseeinheit Mensch-Roboter hinaus, da der Lebensraum zunehmend durch technische Systeme mitgestaltet wird. Zukunftsszenarien zeigen, wie eng Mensch, Technik und Raum in einer möglichen Zukunft verwoben sein können. Soziale und assistive Roboter in Wohnumgebungen erfordern daher nicht nur die Gestaltung der Technik selbst, sondern auch Überlegungen zu sozialen Räume *mit* Robotern. Es ist daher sinnvoll, die Mensch-Roboter-Beziehung in einen weiteren räumlichen Kontext zu stellen. Das Gebäude wird in seiner Gesamtheit durch Autoregulation und Selbstlernfähigkeit zu einem robotischen System. Forschungsprojekte zeigen, wie technische Unterstützungssysteme in Gebäudekomponenten - Decken, Wände, Böden - integriert werden können. Mit vernetzten Sensoren und Aktoren ausgestattete Wohn- und Lebensräume werden selbst zu robotischen und (teil)autonom agierenden Elementen. Eine Verdichtung technischer Infrastrukturen und deren Verschränkung mit menschlichem Handeln markiert einen Übergang von *Technik im Raum* zu *Technik als Raum*. Die Organisation von Wohnräumen wird vermehrt nach den Leitlinien und Gesetzmäßigkeiten der Technik – Skalierbarkeit, Effizienz, Kontrolle – ausgerichtet. Durch weitere räumliche Verdichtung, technische Entwicklung und gestalterische Integration der Einzelkomponenten lösen sich die Elemente Raum und Roboter zunehmend ineinander auf. Die Einzelkomponenten verwachsen – wie im Projekt Sidewalk Toronto – zu einer vernetzten, digitalen und teils robotischen Infrastruktur, die zukünftige Lebensräume ausbilden könnten.

Ob diese Gestaltung intendiert und aktiv vorangetrieben wird oder als nicht intendierter Nebeneffekt passiert, wird die Qualität zukünftiger Wohn- und Arbeitswelten beeinflussen. In der Forschung zu Assistenztechnologien und sozialen Robotern hat sich ein interdisziplinärer Diskurs über technische, soziale, ethische, politische und ökonomische Themen gebildet. Mit dieser Arbeit gebe ich einen Anstoß, diese Betrachtungsebenen um eine architektonisch-räumliche Perspektive zu erweitern.

Dadurch soll ein interdisziplinärer Dialog zwischen Architektur und sozialer Robotik angeregt werden. Dies kann die Qualität unserer Wohn- und Arbeitswelten in einem zunehmend technologisch expandierenden Zeitalter verbessern und unerwünschte Nebeneffekte zukünftiger Technikentwicklungen reduzieren.

Abkürzungsverzeichnis

AAL	Ambient Assisted Living
ANT	Akteur-Netzwerk-Theorie
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer-aided Design
ENIAC	Electronic Numerical Integrator And Computer
HRI	Human–robot interaction (Mensch-Roboter-Interaktion)
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
KI	Künstliche Intelligenz
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
MK1	Moley Robotic Kitchen
PC	Personal Computer
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping
VR	Virtuelle Realität

Literaturverzeichnis

- Abe, S. (2015). *Celebration of the Establishment of the Robot Revolution Initiative Council*. Verfügbar unter: https://japan.kantei.go.jp/97_abe/actions/201505/15article3.html [Zugriff: 10.06.2019].
- Aicher, O. (1982). *Die Küche zum Kochen: Werkstatt einer neuen Lebenskultur*. München: D.W. Callwey.
- Appel, M., Marker, C. & Mara, M. (2019). Otakuism and the Appeal of Sex Robots. *Frontiers in Psychology, 10*(569).
- Appel, M., Weber, S., Krause, S. & Mara, M. (2016). On the Eeriness of Service Robots with Emotional Capabilities. In International Conference on Human Robot Interaction.
- Arnold, H. (2001). Martina Löw: Raumsoziologie. *Geographische Revue*(2), 103-105.
- Asimov, I. (1942). Runaround. *Astounding Science Fiction, 29*(1), 94-103.
- Auger, J. (2014). Living With Robots: A Speculative Design Approach. *Journal of Human-Robot Interaction, 3*(1), 20-42.
- Bartneck, C. & Hu, J. (2004). *Rapid prototyping for interactive robots*. In The 8th Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-8).
- Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E. & Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics, 1*(1), 71-81.
- Baudrillard, J. (2001). *Das System der Dinge - Über unser Verhältnis zu den alltäglichen Gegenständen* (J. Garzuly, Trans.). Frankfurt: Campus Verlag.
- Baumgaertner, B. & Weiss, A. (2014). Do Emotions Matter in the Ethics of Human-Robot Interaction? - Artificial Empathy and Companion Robots. In International Symposium on New Frontiers in Human-Robot Interaction, London, UK.
- Beetz, M., Bandouch, J., Kirsch, A., Maldonado, A., Müller, A. & Rusu, R. B. (2008). *The Assistive Kitchen—A Demonstration Scenario for Cognitive Technical Systems*.

- In International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, München.
- Berker, T. (2006). *Domestication of Media and Technology*. New York: Open University Press.
- Bernau, P. (2014, 13.06.). Innovationen verbreiten sich schneller - Reichtum wird nutzlos. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*.
- Bethel, C. L. & Murphy, R. R. (2010). Review of human studies methods in HRI and recommendations. *International Journal of Social Robotics*, 2(4), 347-359.
- Bieling, T. & Joost, G. (2017). Technikgestaltung und Inklusion – Behinderung im Spannungsfeld von Technologie und Design. In A. Burchardt & H. Uszkoreit (Hrsg.), *IT für soziale Inklusion* (S. 11-28). Berlin, Boston: De Gruyter.
- Biniok, P. (2016). *Soziotechnische Assistenzensembles*. In Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen, Hamburg.
- BMBF. (2018). Richtlinie zur Förderung von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet „Robotische Systeme für die Pflege“. Verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-2088.html> [Zugriff: 02.03.2019].
- Bonanni, L., Lee, C.-H. & Selker, T. (2005). *CounterIntelligence: Augmented Reality Kitchen*. In Conference on Human Factors in Computing Science, Portland, Oregon, USA.
- Breazeal, C. (2004). Social interactions in HRI: the robot view. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 34(2), 181-186.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2017). *Humanoide Roboter: sympathisch oder unheimlich?* Verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/humanoide-roboter-sympathisch-oder-unheimlich-4918.html> [Zugriff: 5.10.2017].
- Čas, J., Rose, G. & Schüttler, L. (2017). *Robotik in Österreich: Kurzstudie - Entwicklungsperspektiven und politische Herausforderungen*. Wien: Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Cervera, E., García, J. C. & Sanz, P. J. (2015). Toward the Robot Butler: The HUMABOT Challenge. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 22, 8-17.

- Christaller, T., Decker, M., Gilsbach, J. M., Hirzinger, G., Schweighofer, E., Schweitzer, G. et al. (2001). *Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft*. Berlin: Springer.
- Coeckelbergh, M. (2011). Humans, animals, and robots: A phenomenological approach to human-robot relations. *International Journal of Social Robotics*, 3(2), 197-204.
- Coeckelbergh, M. (2015). Care robots and the future of ICT-mediated elderly care: a response to doom scenarios. *AI & SOCIETY*, 1-8.
- Cooperstock, J. R., Fels, S. S., Buxton, W. & Smith, K. C. (1997). Reactive environments. *Communications of the ACM*, 40(9), 65-73.
- Dario, P., Guglielmelli, E., Laschi, C. & Teti, G. (1999). MOVAID: a personal robot in everyday life of disabled and elderly people. *Technology and Disability*, 10(2), 77-93.
- Dautenhahn, K. (2007a). Methodology and themes of human-robot interaction: a growing research field. *International Journal of Advanced Robotic Systems*.
- Dautenhahn, K. (2007b). Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 679-704.
- Davidson, A. (2017, 23.10.). A Washing Machine That Tells the Future. *The New Yorker*.
- Deger, P. (2002). Martina Löw: Raumsoziologie. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 54(3), 607-609.
- Duffy, B. R. (2003). Anthropomorphism and the social robot. *Robotics and autonomous systems*, 42(3), 177-190.
- Dunne, A. (2005). *Hertzian tales: electronic products, aesthetic experience, and critical design*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Elias, N. (1983). *Die höfische Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Elias, N. (1990). *Arbeiten zur Wissenssoziologie: 1. Engagement und Distanzierung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- Elias, N. (2000). *Was ist Soziologie?* (9). Weinheim: Juventa.
- Engler, A. & Schulze, E. (2016). Nutzerstudie im Projekt LISA Habitec. In R. Weidner (Hrsg.), *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen* (S. 453-463). Hamburg: Helmut-Schmidt-Universität.
- Epley, N. (2014). *Q&A with Nicholas Epley Part 2: Ourselves & Our Technology*. Verfügbar unter: <http://thepsychreport.com/conversations/qa-with-nicholas-epley-part-2-ourselves-our-technology/> [Zugriff: 04.03.2019].
- Europäische Kommission. (2018). Mitgliedstaaten und Kommission arbeiten gemeinsam an Förderung künstlicher Intelligenz „Made in Europe“. Brüssel.
- Europäisches Parlament. (2017). Bericht mit Empfehlungen an die Kommission zu zivilrechtlichen Regelungen im Bereich Robotik (2015/2103 (INL)). Brüssel.
- Eurostat. (2008). *Population pyramids of the European Union*. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Population_pyramid [Zugriff: 10.05.2019].
- Eurostat. (2018). *Population structure and ageing*. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_structure_and_ageing [Zugriff: 10.05.2019].
- Farrington, K. (2017). Towards a Standard for Smart Buildings - Energy Efficient Neighborhoods. Verfügbar unter: <https://youtu.be/QCAOkhCS224> [Zugriff: 01.05.2019].
- FFG. (2019). *Jahresbericht 2018*. Wien: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft.
- Fink, J. (2012). Anthropomorphism and Human Likeness in the Design of Robots and Human-Robot Interaction. In International Conference on Social Robotics.
- Fong, T., Nourbakhsh, I. & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and autonomous systems*, 42(3), 143-166.
- Forlizzi, J. (2007). How Robotic Products Become Social Products: An Ethnographic Study of Cleaning in the House. In Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction.

- Frank, S. (2009). Die ›Architektur der Gesellschaft‹ aus Sicht der Gender Studies. In J. Fischer & H. Delitz (Hrsg.), *Die Architektur der Gesellschaft* (S. 253-288). Bielefeld: Transcript.
- Frederick, C. (1918). *The New Housekeeping: Efficiency Studies in Home Management*. Garden City, N.Y.: Doubleday, Page & Co.
- Gaßner, R. & Steinmüller, K. (2009). *Welche Zukunft wollen wir haben? Visionen, wie Forschung und Technik unser Leben verändern sollen*. Berlin: IZT-Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Giddens, A. (1988). *Die Konstitution der Gesellschaft: Grundzüge einer Theorie der Strukturierung*. Frankfurt / New York: Campus Verlag.
- Giedion, S. (1965). *Raum Zeit und Architektur: Die Entstehung einer neuen Tradition*. Ravensburg: Ravensburg.
- Gnams, T. & Appel, M. (2019). Are robots becoming unpopular? Changes in attitudes towards autonomous robotic systems in Europe. *Computers in Human Behavior*, 93, 53-61.
- Gransche, B. (2017). Wir assistieren uns zu Tode – Leben mit Assistenzsystemen zwischen Kompetenz und Komfort. In P. Biniok & E. Lettkemann (Hrsg.), *Assistive Gesellschaft* (S. 77-97). Wiesbaden: Springer.
- Gray, K. & Wegner, D. M. (2012). Feeling robots and human zombies: Mind perception and the uncanny valley. *Cognition*, 125(1), 125-130.
- Hall, E. T. (1966). *The hidden dimension, man's use of space in public and private*. London, England: The Bodley Head.
- Hamada, R., Okabe, J., Ide, I., Satoh, S. i., Sakai, S. & Tanaka, H. (2005). *Cooking Navi: Assistant for Daily Cooking in Kitchen*. In International Conference on Multimedia, Singapore.
- Hanisch, R. & Widrich, M. (1999). *Architektur der Küche. Zur Umwertung eines Wirtschaftsraums in der europäischen Architektur des zwanzigsten Jahrhunderts*. In

- E. Miklautz, H. Lachmayer & R. Eisendle (Hrsg.), *Die Küche. Zur Geschichte eines architektonischen, sozialen und imaginativen Raums* (S. 17-47). Wien - Köln - Weimar: Böhlau.
- Haraway, D. (2003). *The Companion Species Manifesto: Dogs, people, and Significant Otherness*. Chicago: Prickly Paradigm Press.
- Hashimoto, A., Mori, N., Funatomi, T., Yamakata, Y., Kakusho, K. & Minoh, M. (2008). *Smart kitchen: A user centric cooking support system*. In Proceedings of IPMU.
- Hashimoto, A., Sasada, T., Yamakata, Y., Mori, S. & Minoh, M. (2014). Kusk dataset: Toward a direct understanding of recipe text and human cooking activity. In UbiComp '14, Seattle, WA, USA.
- Hawley, M., Poor, R. D. & Tuteja, M. (1997). Things that think. *Personal Technologies*, 1(1), 13-20.
- Heider, F. & Simmel, M. (1944). An experimental study of apparent behavior. *The American journal of psychology*, 57(2), 243-259.
- Heinze, R. G. (2016). Soziotechnisch unterstütztes Wohnen im Alter. In R. Weidner (Hrsg.), *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen*. Hamburg: Helmut-Schmidt-Universität.
- Heuwinkel, K. (2013). Framing the Invisible—The Social Background of Trust. In R. Trappl (Hrsg.), *Your Virtual Butler* (S. 16-26). Berlin Heidelberg: Springer.
- Hoffman, G. (2019, 01.05.2019). Anki, Jibo, and Kuri: What We Can Learn from Social Robots That Didn't Make It. *IEEE Spectrum*.
- Hoorn, J. F., Konijn, E. A. & Pontier, M. A. (2018). Dating a Synthetic Character is Like Dating a Man. *International Journal of Social Robotics*, 1-19.
- Horizon 2020. (2017). Multi-Annual Roadmap for Robotics in Europe.
- Huijnen, C., Badii, A., van den Heuvel, H., Caleb-Solly, P. & Thiemert, D. (2011). “Maybe it becomes a buddy, but do not call it a robot”—seamless cooperation between companion robotics and smart homes. In *Ambient Intelligence* (S. 324-329). Heidelberg: Springer.

- Iba, W. (2013). Before We Get There, Where Are We Going? In *Your Virtual Butler* (S. 54-69). Berlin: Springer.
- Ishiguro, H. (2006). *Interactive humanoids and androids as ideal interfaces for humans*. In Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interfaces.
- Jacob, S. (2018). Machines of Loving Grace - The city as a distributed robot & the omnipresent intelligence of data networks. *Uncube Magazine*.
- Kahn, P. H., Freier, N. G., Friedman, B., Severson, R. L. & Feldman, E. N. (2004). Social and moral relationships with robotic others?, *IEEE International Symposium on Robots and Human Interactive Communication* (S. 545-550): IEEE.
- Kätsyri, J., Förger, K., Mäkäräinen, M. & Takala, T. (2015). A review of empirical evidence on different uncanny valley hypotheses: support for perceptual mismatch as one road to the valley of eeriness. *Frontiers in psychology*, 6, 390.
- Kitano, N. (2007). *Animism, Rinri, modernization; the base of Japanese robotics*. In IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA).
- Koay, K. L., Syrdal, D. S., Ashgari-Oskoei, M., Walters, M. L. & Dautenhahn, K. (2014). Social Roles and Baseline Proxemic Preferences for a Domestic Service Robot. *International Journal of Social Robotics*, 6(4), 469-488.
- Köck, M. (2010). Technik - eine Domäne für Männer, Kongress der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft. Mainz.
- Koenen, G. (2019, 09.05.2019). Im Motorenwerk des Sozialismus. *Die Zeit*, p. 47.
- Kollewe, C. (2017). (In-)Aktivitäten des täglichen Lebens. In C. Kollewe (Hrsg.), *Pflegedinge: Materialitäten in Pflege und Care*. Bielefeld: transcript.
- Koppula, H. S., Anand, A., Joachims, T. & Saxena, A. (2011). *Semantic labeling of 3d point clouds for indoor scenes*. In Advances in neural information processing systems.
- Krais, B. (2001). Rezension: Martina Löw: Raumsoziologie. *Zeitschrift für qualitative Bildungs-, Beratungs- und Sozialforschung*, 2(2), 347-348.

- Kriz, S., Damera, P. & Porter, J. R. (2010). A Place for Fictional Robots in HRI Research?, *Human-Robot Interaction Conference*. Osaka, Japan.
- Krueger, M. W. (1977). *Responsive Environments*. In AFIPS 46 National Computer Conference Proceedings, Montvale, N.J.
- Lam, C.-P., Chou, C.-T., Chiang, K.-H. & Fu, L.-C. (2011). Human-Centered Robot Navigation—Towards a Harmoniously Human–Robot Coexisting Environment. *IEEE Transactions on Robotics*, 27(1), 99-112.
- Latour, B. (1996). On actor-network theory: A few clarifications. *Soziale Welt*, 369-381.
- Lehmann, H., Walters, M. L., Dumitriu, A., May, A., Koay, K. L., Saez-Pons, J. et al. (2013). Artists as HRI Pioneers: A Creative Approach to Developing Novel Interactions for Living with Robots, Cham.
- Leite, I., Martinho, C., Pereira, A. & Paiva, A. (2009). As time goes by: Long-term evaluation of social presence in robotic companions. In RO-MAN.
- Lepreux, V. & Mischi, M. (Regisseur) (2019). Die Revolution der Roboter - Intelligente Maschinen haben die Arbeitswelt erobert: 3sat.
- Li, D., Rau, P. P. & Li, Y. (2010). A Cross-cultural Study: Effect of Robot Appearance and Task. *International Journal of Social Robotics*, 2(2), 175-186.
- Lieu, J. (2018). *Delivery robot catches fire at university campus, students set up vigil*. Verfügbar unter: <https://mashable.com/article/kiwibot-fire-uc-berkeley/?europa=true> [Zugriff: 17.05.2019].
- Lindner, F. (2015). Soziale Roboter und soziale Räume: Eine Affordanz-basierte Konzeption zum rücksichtsvollen Handeln. Universität Hamburg, Hamburg.
- Linner, T., Güttler, J., Bock, T. & Georgoulas, C. (2015). Assistive Robotic Micro-Rooms for Independent Living. *Automation in Construction*, 51, 8-22.
- Lipp, B. (2016). *Caring for robots: How assistive robotics may change our homes*. Verfügbar unter: <https://robohub.org/caring-for-robots-how-assistive-robotics-may-change-our-homes/> [Zugriff: 04.04.2019].
- Loh, J. (2019). *Roboterethik: Eine Einführung*. Berlin: Surkamp.

- Lohmann, M. F. (2017). Ein europäisches Roboterrecht–überfällig oder überflüssig? *Zeitschrift für Rechtspolitik: ZRP*(6), 168-171.
- Löw, M. (2001). *Raumsoziologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Luhmann, N. (2014). Vertrauen: ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität (5). Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- Łupkowski, P., Rybka, M., Dziedzic, D. & Włodarczyk, W. (2019). The Background Context Condition for the Uncanny Valley Hypothesis. *International Journal of Social Robotics*, 11(1), 25-33.
- Lupton, E. & Miller, J. A. (1996). Bathroom, the Kitchen, and the Aesthetics of Waste. New York: Princeton Architectural Press.
- MacDorman, K. F. (2005). *Mortality Salience and the Uncanny Valley*. In International Conference on Humanoid Robots, Tsukuba, Japan.
- Manzini, E. (1989). *The Material of Invention*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Mara, M. (2017). *Die Roboter sind da! Ein Reisebericht aus Tokio*. Verfügbar unter: <https://blog.univie.ac.at/die-roboter-sind-da-ein-reisebericht-aus-tokio/> [Zugriff: 15.07.2019].
- Mara, M. & Appel, M. (2015). Effects of lateral head tilt on user perceptions of humanoid and android robots. *Computers in Human Behavior*, 44, 326-334.
- Matuszak, R. & Seitschek, D. (2012). HOBBIT - The Mutual Care Robot. *Psychologie in Österreich*, 3/4 2012, 342-345.
- Mayer, P. & Panek, P. (2013). A Social Assistive Robot in an Intelligent Environment. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, 219-220.
- McCarthy, J. (1979). *Ascribing Mental Qualities to Machines*: Computer Science Department, Stanford University.
- McDermott, F. (2019). *Incidental Internet Infrastructures*. Verfügbar unter: <https://www.thesitemagazine.com/read/incidental-internet-infrastructures> [Zugriff: 18.07.2019].

- Mennicken, S., Vermeulen, J. & Huang, E. M. (2014). *From today's augmented houses to tomorrow's smart homes: new directions for home automation research*. In Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing.
- Meyer, E. (1927). Das Küchenproblem auf der Werkbundaussstellung. *Die Form. Monatszeitschrift für Gestaltende Arbeit*, 2(1), 299-307.
- Miklautz, E., Lachmayer, H. & Eisendle, R. (1999). Einleitung. In E. Miklautz, H. Lachmayer & R. Eisendle (Hrsg.), *Die Küche. Zur Geschichte eines architektonischen, sozialen und imaginativen Raums* (S. 9-16). Wien - Köln - Weimar: Böhlau.
- Mitzner, T. L., Chen, T. L., Kemp, C. C. & Rogers, W. A. (2014). Identifying the potential for robotics to assist older adults in different living environments. *International journal of social robotics*, 6(2), 213-227.
- Morales, A., Azad, P., Asfour, T., Kraft, D., Knoop, S., Dillmann, R. et al. (2006). An anthropomorphic grasping approach for an assistant humanoid robot, *International Symposium on Robotics*. Düsseldorf.
- Mori, M. (1970). Bukimi no tani (the uncanny valley) (Translated by Karl F. MacDorman and Norri Kageki).
- Nakauchi, Y., Fukuda, T., Noguchi, K. & Matsubara, T. (2005). Intelligent Kitchen: Cooking Support by LCD and Mobile Robot with IC-Labeled Objects. In International Conference on Intelligent Robots and Systems, Edmonton, Kanada.
- Neufert, E. & Kister, J. (2005). *Bauentwurfslehre* (Bd. 38). Wiesbaden: Vieweg & Sohn.
- Nomura, T. (2015). General Republics' Opinions on Robot Ethics: Comparison between Japan, the USA, Germany, and France. In 4th International Symposium on New Frontiers in Human-Robot Interaction, Canterbury, UK.
- Nomura, T., Syrdal, D. S. & Dautenhahn, K. (2015). *Differences on Social Acceptance of Humanoid Robots between Japan and the UK*. In 4th International Symposium on New Frontiers in Human-Robot Interaction, Canterbury, UK.
- Olivier, P., Xu, G., Monk, A. & Hoey, J. (2009). *Ambient Kitchen: designing situated services using a high fidelity prototyping environment*. In Proceedings of the 2nd

- International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments, Korfu, Griechenland.
- Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz. (2018). Die Zukunft Österreichs mit Robotik und Künstlicher Intelligenz positiv gestalten. Wien.
- Oubbati, M. (2007). Robotik. Skript zur Vorlesung Robotik. Verfügbar unter: https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/iui.inst.130/Arbeitsgruppen/Robotics/Robotik/Robotik-Skript_07-08.pdf [Zugriff: 21.02.2020].
- Palladio, A. (1984). *Die vier Bücher zur Architektur* (A. Beyer & U. Schütte, Trans.). München: Artemis.
- Payr, S., Werner, F. & Werner, K. (2015). Potential of robotics for ambient assisted living. *Vienna: FFG benefit*.
- Pohl, V., Kasper, H., Kochanowski, M. & Renner, T. (2017). *Zukunftsstudie 2027*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Rammert, W. (2007). Technik, Handeln und Sozialstruktur: Eine Einführung in die Soziologie der Technik. *Technik - Handeln - Wissen: Zu einer pragmatistischen Technik-und Sozialtheorie*, 11-36.
- Rammert, W. (2009). Hybride Handlungsträgerschaft: Ein soziotechnisches Modell verteilten Handelns. In O. Herzog & T. Schildhauer (Hrsg.), *Intelligente Objekte* (S. 23-33). Berlin: Springer.
- Rammert, W. & Schubert, C. (2017). Technik. In R. Gugutzer, G. Klein & M. Meuser (Hrsg.), *Handbuch Körpersoziologie* (Bd. Band 2: Forschungsfelder und Methodische Zugänge, S. S. 349-363). Wiesbaden: Springer VS.
- Rammert, W. & Schulz-Schaeffer, I. (2002). Technik und Handeln - Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. In W. Rammert & I. Schulz-Schaeffer (Hrsg.), *Können Maschinen handeln?* Frankfurt/New York: Campus Verlag.
- Rao, A. S. & Georgeff, M. P. (1995). *BDI Agents: From Theory to Practice*. In ICMAS, San Francisco, California.

- Reeves, B. & Nass, C. (1996). *The Media Equation: How people treat computers, television, and new media like real people and places*: CSLI Publications.
- Reiser, U., Jacobs, T., Arbeiter, G., Parlitz, C. & Dautenhahn, K. (2013). Care-O-bot® 3–Vision of a robot butler. In R. Trapp (Hrsg.), *Your Virtual Butler* (S. 97-116). Heidelberg: Springer.
- Richter, K. (2017). *Gesundheits-Roboter für Senior/innen: Neue Informations- und Kommunikationstechnologien in der alternden Gesellschaft* (Bd. 6). Ilmenau: Universitätsverlag Ilmenau.
- Rosenthal-von der Pütten, Krämer, N. C., Maderwald, S., Brand, M. & Grabenhorst, F. (2019). Neural Mechanisms for Accepting and Rejecting Artificial Social Partners in the Uncanny Valley. *Journal of Neuroscience*, 2956-18.
- Rützel, A. & Hoffman, G. (2015). Home sweet home. In C. Lindinger & M. Mara (Hrsg.), *Bot Time Stories*. Nicht publiziertes Manuskript: Ars Electronica Futurelab.
- Saffiotti, A., Broxvall, M., Gritti, M., LeBlanc, K., Lundh, R., Rashid, J. et al. (2008). *The PEIS-Ecology Project: Vision and Results*. In International Conference on Intelligent Robots and Systems, Nizza, Frankreich.
- Samani, H., Saadatian, E., Pang, N., Polydorou, D., Fernando, O. N. N., Nakatsu, R. et al. (2013). Cultural robotics: The culture of robotics and robotics in culture. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 10.
- Schäfer, U., Arnold, F., Ostermann, S. & Reifers, S. (2013). Ingredients and Recipe for a Robust Mobile Speech-enabled Cooking Assistant for German. In Annual Conference on Artificial Intelligence.
- Schmitt-Sausen, N. (2019). Pflege: Pepper bezaubert in Unterfranken. *Deutsches Ärzteblatt*, 17/2019.
- Schubert, J., Leonhardt, S., Schneider, M., Neumann, T., Gill, B. & Teich, T. (2016). Smarte Quartiere 2050–flexibel, resilient und intelligent, *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen* (S. 129-137). Hamburg: Helmut-Schmidt-Universität.
- Schulz, T. (2014). Larry und die Mondfahrer. *Spiegel Online*, 10/2014.

- Schürer, O., Müller, C., Hubatschke, C. & Stangl, B. (2016). Raum-Spiel: Generieren eines kulturellen Raummodells durch Mensch-Roboter Interaktion. In R. Weidner (Hrsg.), *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen* (S. 285-294). Hamburg: Helmut-Schmidt-Universität.
- Schürer, O., Stangl, B., Hubatschke, C. & Müller, C. (2018). Experiments with a First Prototype of a Spatial Model of Cultural Meaning through Natural-Language Human-Robot Interaction. *Technologies*, 6(1), 6.
- Schürer, O., Stangl, B., Müller, C. & Hubatschke, C. (2017). A first prototype of a space model of cultural meaning by natural-language human-robot interaction, *Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (S. 339-345). Island of Rhodes, Greece: ACM.
- Sciutti, A., Mara, M., Tagliasco, V. & Sandini, G. (2018). Humanizing Human-Robot Interaction. *IEEE Technology and Society Magazine*, 37(1), 22-29.
- Sidewalk Labs. (2019). *Sidewalk Labs is reimagining cities to improve quality of life*. Verfügbar unter: <https://sidewalklabs.com> [Zugriff: 09.04.2019].
- Siio, I., Hamada, R. & Mima, N. (2007). *Kitchen of the future and applications*. In International Conference on Human-Computer Interaction, Peking, China.
- Smart, W. D., Pileggi, A. & Takayama, L. (2015). What Do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?
- Socher, R. (2019). Künstliche Intelligenzen überlegen nicht, was sie nach Feierabend tun. In J. Wegner (Hrsg.), *Die Zeit* (Bd. 17, S. 29-30). Hamburg: Zeitverlag Gerd Bucerius.
- Solomon, M. (2018). *Meet Amelia, IPSoft's Strikingly Human-Seeming AI: What She Means For Customer Support And Society*. Verfügbar unter: <https://www.forbes.com/sites/micahsolomon/2018/05/14/meet-amelia-ipsofts-strikingly-human-seeming-ai-what-she-means-for-customer-support-and-society/#2c88db6d5986> [Zugriff: 13.05.2019].
- SPARC. (2016). Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap. For Robotics in Europe: Horizon 2020 Call ICT-2017 (ICT-25, ICT-27 & ICT-28) (No. B 02/12/2016).
- Statistik Austria. (2015). *Ausstattungsgrad der privaten Haushalte - Zeitvergleich*.

- Stoetzer, S. (2008). Space thinks? Soziologische Raumkonzepte. Berlin: Schriftfassung Vortrag 18.04.2008.
- Ströker, E. (1977). Philosophische Untersuchungen zum Raum. Frankfurt: Klostermann.
- Syrdal, D. S., Dautenhahn, K., Koay, K. L., Walters, M. L. & Ho, W. C. (2013). Sharing Spaces, Sharing Lives – The Impact of Robot Mobility on User Perception of a Home Companion Robot. In International Conference on Social Robotics, Bristol, UK.
- Sziebig, G. & Korondi, P. (2015). Effect of Robot Revolution Initiative in Europe– Cooperation possibilities for Japan and Europe. *IFAC-PapersOnLine*, 48(19), 160-165.
- Trappl, R. (2013). *Your Virtual Butler* (Bd. 7407). Berlin: Springer.
- Treusch, P. (2017). Humanoide Roboter als zukünftige assistive Akteure in der Küche? Einblicke in die Herstellung eines Robot Companions. In P. Biniok & E. Lettkemann (Hrsg.), *Assistive Gesellschaft* (S. 251-274): Springer.
- Trujillo-Pisanty, D. (2011). *With Robots*. Verfügbar unter: <http://www.trujillodiego.com/work/withrobots.html> [Zugriff: 24.04.2019].
- Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59, 433-460.
- Turkle, S. (1984). *The second self: Computers and the human spirit*. New York: Simon & Schuster.
- Turkle, S. (2011). *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*. New York: Basic Books.
- Varvadoukas, T., Giannakidou, E., Gómez, J. V. & Mavridis, N. (2012). Indoor Furniture and Room Recognition for a Robot Using Internet-Derived Models and Object Context. In 10th International Conference on Frontiers of Information Technology, Islamabad, India.
- Verdicchio, D. (2008). Donna Haraway: The Companion Species Manifesto – Dogs, People, and Significant Otherness. *Traverse: Zeitschrift für Geschichte*, 15(3), 162-163.

- Wagner, G. (1994). Vertrauen in Technik. *Zeitschrift für Soziologie*, 23(2), 145-157.
- Wallach, W. & Allen, C. (2009). *Moral Machines: Teaching Robots Right from Wrong*. Oxford: Oxford University Press.
- Walters, M. L., Dautenhahn, K., Koay, K. L., Kaouri, C., Boekhorst, R. t., Nehaniv, C. et al. (2005). *Close encounters: Spatial distances between people and a robot of mechanistic appearance*. In 5th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, Tsukuba, Japan.
- Wang, L., Rau, P.-L. P., Evers, V., Robinson, B. K. & Hinds, P. (2010). *When in Rome: the role of culture & context in adherence to robot recommendations*. In Proceedings of the 5th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction.
- Washida, Y. (2005). Collaborative structure between Japanese high-tech manufacturers and consumers. *Journal of Consumer Marketing*, 22(1), 25-34.
- Weber, M. (1985). Über einige Kategorien der verstehenden Soziologie. In J. Winckelmann (Hrsg.), *Max Weber: Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre* (S. 426-474). Tübingen.
- Weidner, R. & Karafillidis, A. (2018). *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen*. In Band zur dritten Transdisziplinären Konferenz Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen, Hamburg.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific american*, 265(3), 94-104.
- Weiser, M. (1993). Ubiquitous Computing. *Computer 10*, 71-72.
- Weiss, A., Bernhaupt, R., Tscheligi, M. & Yoshida, E. (2009). *Addressing user experience and societal impact in a user study with a humanoid robot*. In Proceedings of the AISB symposium on new frontiers in human-robot interaction. Edinburgh, UK.
- Welge, J., Hassenzahl, M. & Schwarz, S. (2016). Zur Gestaltung autonomer sozialer Assistenzsysteme für einen freudvollen und bedeutungsvollen Alltag. In *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen*, Hamburg.

- Wiener, N. (1950). *The human use of human beings: Cybernetics and society*. Boston: Houghton Mifflin.
- Williams, J. (2017). *Google wants to build a city*. Verfügbar unter: <https://statescoop.com/google-wants-to-build-a-city/> [Zugriff: 30.04.2019].
- Wittgenstein, L. (2003). *Philosophische Untersuchungen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- WKÖ. (2017). *Demografische Entwicklung in Österreich*. Verfügbar unter: https://news.wko.at/news/oesterreich/Demografische_Entwicklung_in_Oesterreich.html [Zugriff: 10.05.2019].
- Young, J. E., Sung, J., Voids, A., Sharlin, E., Igarashi, T., Christensen, H. I. et al. (2011). Evaluating human-robot interaction. *International Journal of Social Robotics*, 3(1), 53-67.
- Zheng, S. (2017). *Chinese firm halves worker costs by hiring army of robots to sort out 200,000 packages a day*. Verfügbar unter: <https://www.scmp.com/news/china/society/article/2086662/chinese-firm-cuts-costs-hiring-army-robots-sort-out-200000> [Zugriff: 13.05.2019].
- Złotowski, J., Proudfoot, D., Yogeewaran, K. & Bartneck, C. (2015). Anthropomorphism: Opportunities and Challenges in Human–Robot Interaction. *International Journal of Social Robotics*, 7, 347-360.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Exemplarische Forschungsarbeiten zur Handlungsträgerschaft von Technik (vgl. Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002, p. 14)	38
Tabelle 2: Gegenüberstellung der mensch- und roboterzentrierten Ansätze zur sozialen Interaktion und den Paradigmen in der Beziehungen zwischen Mensch und Roboter.	46
Tabelle 3: Drei-Ebenen-Modell des gradualisierten Handlungsbegriffs (nach Rammert & Schulz-Schaeffer, 2002, p. 27)	152
Tabelle 4: Beispiele für Handlungen von sozialen Robotern und Assistenzsystemen nach dem Modell eines gradualisierten und verteilten Handelns, die jeweils eine Ebene und Dimension des Handlungsbegriffs verdeutlichen.....	154
Tabelle 5: Kreuztabellierung nach den Prozessen der Raumkonstitution und Dimensionen Mensch/soziale Güter (nach Löw, 2001).....	159
Tabelle 6: Kreuztabellierung nach den Prozessen der Raumkonstitution (Löw, 2001) und Erweiterung um die Kategorie soziale Roboter.....	168
Tabelle 7: Beispiele der Raumkonstitution im Handeln von Mensch und soziale Roboter	169
Tabelle 8: Anforderungen an die Prozesse der Raumkonstitution nach den Ebenen gradualisierten Handelns	169
Tabelle 9: Forschungsprojekte zu Assistenzsystemen und sozialen Robotern in der Küche	209
Tabelle 10: Analyserichtungen bei der Betrachtung des Verhältnisses von Technik (z.B. soziale Roboter und Assistenzsysteme) und Raum (z.B. Wohnumgebungen)	213

Abbildungsverzeichnis

Electric Scrubbing: Postkarte mit Visionen des Jahres 2000 von Jean-Marc Côté und anderen Künstlern um ca. 1900 (Quelle: https://publicdomainreview.org/collections/france-in-the-year-2000-1899-1910/ [Zugriff: 25.07.2019]).....	16
Soziale Roboter für das Zuhause: Jibo (Jibo, Inc.), Kuri (Mayfield Robotics) und Cozmo (Anki). 19	
Blockschema der Teilsysteme eines Roboters (Oubbati, 2007, p. 10)	29
Kategorien und Beispiele von Assistenzrobotern (Payr, Werner & Werner, 2015, p. 19)	32
Beispiele für eine Heimautomation durch altersgerechte Assistenzsysteme (Quelle: https://www.usabilityblog.de/ein-neuer-trend-aal-smarthome-fuer-senioren/ [Zugriff: 25.07.2019])	33
Schema des persönlichen Raumes nach Hall (1966) bestehend aus Intimdistanz, persönlicher Distanz, sozialer Distanz und öffentlicher Distanz (Lindner, 2015, p. 12)	39
Beispiel für zwei Robotermodelle der Studie, links vor einem neutralen Hintergrund und rechts vor einem passenden Hintergrund (Łupkowski et al., 2019, p. 32).....	41
Tischautomaten: Cisterspielerin, 2. Hälfte 16. Jahrhundert, Augsburg (links und Mitte); Diana auf dem Kentauren, ca. 1600, Augsburg (rechts) (Quelle: Kunsthistorisches Museum Wien, Kunstkammer)	50
Cha-hakobi ningyo: Karakuri-Teeautomat, ca. 1800 (Quelle: www.britishmuseum.org).....	51
R.U.R., Inszenierung um 1935 (Quelle: http://www.umich.edu/~engb415/literature/pontee/RUR/RURsmry.html [Zugriff: 25.07.2019])	52
Anwendungsbereiche der Robotik: Fertigung, Gesundheitswesen, Landwirtschaft, Konsumentenroboter, zivile und kommerzielle Anwendung, Logistik und Transport (SPARC, 2016, p. 5).....	54
Einsatzfelder Robotik (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, 2018, p. 46) 55	
Bevölkerungspyramiden der Europäischen Union: Daten von 2008 und Prognose für 2060 (Eurostat, 2008)	56
Jährliche Fördersumme der Europäischen Kommission (€) in Forschungsprojekte der AAL-Robotik (rot - links) und Anzahl laufender Forschungsprojekte pro Jahr (blau - rechts) (Payr et al., 2015, p. 36)	57
Kategorien europäischer Forschungsprojekte der AAL-Robotik (2004 -2015) (Mitzner et al., 2014, p. 36).....	58
Religiöse Zeremonie für Spielzeugroboter Aibo in Japan (Quelle: Toshifumi-Kitamura/AFP/Getty Images)	61

Mahnwache für einen Essens-Kurier-Roboter an der University of California in Berkeley, der durch ein Feuer zerstört wurde (Quelle: https://twitter.com/ratherbright/status/1073845768530714624/ [Zugriff: 25.07.2019])	62
Universalrechner ENIAC 1946 (Quelle: U.S. Army Photo), Cover des Nachrichtenmagazins Time 1983 und 2006	64
Echo (Amazon), Google Home (Google Inc.) und HomePod (Apple)	66
Saugroboter Roomba (iRobot) und Scout RX2 Home Vision (Miele).....	67
Roboter mit Unterhaltungs-, Steuerungs- und Überwachungsfunktion für das vernetzte Zuhause; links: Buddy (Blue Frog Robotics), rechts: Zenbo (Asus)	68
Soziale Roboter für das Zuhause: Jibo (Jibo, Inc.), Kuri (Mayfield Robotics) und Cozmo (Anki). 69	
Beispiele menschen- und tierähnlicher Roboter; obere Reihe: Aibo, Pleo, Paro, iCat, Papero; untere Reihe: Kaspar, NAO, Nexi, Barthoc, iCub (Fink, 2012, p. 200).....	70
Die Roboter Telenoid, Kojiro und Asimo mit unterschiedlichen Kopfneigungen (Mara & Appel, 2015)	71
Menschliche Vorbilder (stehend) und ihre maschinellen Doppelgänger (sitzend) von Hiroshi Ishiguro (Mitte) (Quelle: http://www.geminoid.jp [Zugriff: 25.07.2019]).....	72
Darstellung des hypothetischen Uncanny Valley-Effektes zur Beziehung zwischen der Menschenähnlichkeit eines Roboters und der Affinität des Betrachters zu diesem (Mori, 1970) ... 73	
Vergleich der verhaltensbezogenen Reaktion (oben) und der neuronalen Aktivität des ventromedialen präfrontalen Cortex (Rosenthal-von der Pütten et al., 2019, pp. 33,34).....	74
Avatar der virtuellen Assistentin Amelia von IPsoft (Quelle links: IPsoft Inc.).....	77
Fiktion und Realität: Links eine Androide der Fernsehserie Real Humans, 2012 und rechts der humanoide Roboter Pepper von Softbank.	81
Humanoide Roboter Sophia des Hongkonger Unternehmens Hanson Robotics (Quelle: ITU/D. Procofiëff).....	88
Verschiedene soziale Situationen des Hubots Anita in der Wohnküche der Familie Engman (Quelle: Real Humans, 2012)	89
Lennart versteckt seinen defekten Hubot Odi im Keller (links); zwei Frauen mit ihrem männlichen Hubot-Partner (rechts) (Quelle: Real Humans, 2012)	90
Gatebox mit dem virtuellen Anime-Charakter Azuma Hikari (Quelle: https://gatebox.ai/ [Zugriff: 25.07.2019]).....	91
Frank zeigt seinem Assistenzroboter, wie man Schlösser aufbricht (Quelle: Robot & Frank, 2012)	92

Leistungsschau des Roboters Atlas von Boston Dynamics (Quelle: https://www.bostondynamics.com [Zugriff: 25.07.2019])	94
Die Roboter SportMini (links) und Handle (rechts) von Boston Dynamics (Quelle: https://www.bostondynamics.com [Zugriff: 25.07.2019])	94
Lager des Online-Versandhändlers Amazon (Quelle: http://www.haz.de/Nachrichten/Wirtschaft/Niedersachsen/Kommt-Amazon-auch-nach-Achim [Zugriff: 25.07.2019])	95
Lager-Roboter in der Apotheke Bozner Platz in Innsbruck (Quelle: https://www.apo-boznerplatz.at/hinter-den-kulissen/lager-roboter/ [Zugriff: 25.07.2019])	96
Ein Schwarm kleiner Roboter sortiert Pakete im Sortierzentrum Shentong Express in Hangzhou, Provinz Zhejiang, China (Lepreux & Mischi, 2019).....	97
Auswahl von Online-Nachrichtmeldungen zur wirtschaftlichen Entwicklung des Market für humanoide Roboter (Zeitraum 09.-17.05.2019).....	99
Henn na Hotel in Nagasaki (Quelle: https://www.technocracy.news/worlds-first-robot-hotel-fires-half-of-robot-staff/ [Zugriff: 25.07.2019])	100
Roboter Pepper im Supermarkt Carrefour in Spanien (Quelle: https://www.instoremag.it/attualita/metto-un-robot-nel-supermercato-carrefour-testa-pepper-in-spagna/20170412.91840/ [Zugriff: 25.07.2019]).....	101
Lift-Bit (2016) von Carlo Ratti (Quelle: Carlo Ratti Associati).....	105
Cilllia (2016): Programmierbare Haarstrukturen (Quelle: https://tangible.media.mit.edu/project/cilllia/ [Zugriff: 25.07.2019])	106
Geplante Bebauung des Projektes Sidewalk Toronto (Quelle: https://sidewalklabs.com/ [Zugriff: 25.07.2019])	107
Vision einer städtischen Infrastruktur von Sidewalk Labs (Quelle: https://sidewalklabs.com [Zugriff: 25.07.2019]).....	108
Sidewald Labs Konzepte zur digitalen Infrastruktur und zu leistbarem Wohnen in Städten (Quelle: https://sidewalklabs.com [Zugriff: 25.07.2019])	109
Sensoren und Ausstattung des Fahrzeugs (Quelle: https://selfdriving.moovellab.com [Zugriff: 25.07.2019])	121
Fahrzeug und Anzeige des Virtual-Reality-Headsets (Quelle: https://selfdriving.moovellab.com [Zugriff: 25.07.2019]).....	121
With Robots (2011) Diego Trujillo-Pisanty: Küchenschrank mit Markierungen für die Positionierung von Tassen mit speziellen Griffen (Quelle: http://trujillodiego.com/work/withrobots.html/ [Zugriff: 25.07.2019])	122
Symbole um Robotern die Positionierung und Handhabung von Objekten zu erleichtern (Quelle: https://www.dezeen.com/2011/08/12/with-robots-by-diego-trujillo-pisanty/ [Zugriff: 25.07.2019])	123

Das Forschungsfahrzeug F 015 von Mercedes erkennt einen Fußgänger und projiziert einen Zebrastreifen auf die Straße (Quelle: https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/innovation/forschungsfahrzeug-f-015-luxury-in-motion/)	123
Grundriss des University of Hertfordshire Robot House (links) und Experiment zur Interaktion mit dem Care-O-Bot Roboter (rechts) (Lehmann et al., 2013, p. 405)	125
Eine Person wird von den Geräuschen des Roboters aus dem Nebenraum geweckt (Welge et al., 2016, p. 595)	126
Experimentelles Setting des Raum-Spiels mit dem Roboter Romeo bei der „Langen Nacht der Roboter“ an der TU Wien (links) und dem Roboter Pepper (rechts) Quelle: (Schürer, Stangl, Hubatschke & Müller, 2018)	127
Grundriss mit der Darstellung der Informationen aus dem Raum-Spiel mit dem Roboter Pepper mit Studierenden der Architektur an der TU Wien (Schürer et al., 2018)	128
Grundriss mit der Darstellung der Informationen aus dem Raum-Spiel mit dem Roboter Romeo bei der „Langen Nacht der Roboter“ an der TU Wien. (Schürer et al., 2018)	128
End of Life Care Machine von Dan Chen, 2012 (Quelle: https://dankc.com/lastmoment/ [Zugriff: 25.07.2019])	129
Nostalgic Touch Machine von Dan Chen, 2015 (Quelle: https://dankc.com/nostalgic_touch/ [Zugriff: 25.07.2019])	130
Lorm-Alphabet (Quelle: http://www.design-research-lab.org/ [Zugriff: 25.07.2019])	132
Mobile Lorm Glove (unten) (Quelle: http://www.design-research-lab.org/ [Zugriff: 25.07.2019])	132
DAWN Café in Tokyo: Gelähmte Personen steuern Roboter-Kellner (Quellen: Kyodo News, https://www.youtube.com/watch?v=vw5ZAh_bVTQ/ [Zugriff: 25.07.2019])	133
Beispiele für mobile Assistenzroboter (von links nach rechts): Care-O-bot 3 (Fraunhofer IPA), SCITOS G3 (CompanionAble), SCITOS (MetraLabs), Hobbit (TU Wien).	134
Drei Assistenz-Situationen mit dem Roboter HOBBIT: Aufheben eines Gegenstands, Bringen einer Tasse Kaffee, und situationsabhängige Hilfe bei dem Sturz einer Person (Quelle: http://hobbit.acin.tuwien.ac.at/hobbit_image.html/ [Zugriff: 25.07.2019])	136
Links: AAL-Umgebung mit den Bereichen Kochen, Essen, Wohnen, Schlafen; Rechts: HOBBIT-Roboter (ohne und mit Abdeckung) (Mayer & Panek, 2013, p. 219)	136
LISA Habitec der TU München (2016) (Quelle: http://www.br2.ar.tum.de/ [Zugriff: 25.07.2019]) und Prototyp eines robotischen Mikro-Raumes (Linner et al., 2015, p. 12)	137
In der Tagespflege der Caritas-Sozialstation St. Johannes erzählt Pepper Märchen (links) und leitet ein Gymnastikprogramm an (rechts) (Quelle: picture alliance/Jan Haas für Deutsches Ärzteblatt)	138
Impressionen des Workshops „Vertrauen in robotische Systeme“	140

Ergebnisse der Gesprächsrunden zu den Aufgaben eines assistiven Roboters	142
Ergebnisse der Gesprächsrunden zu den Aufgaben eines assistiven Roboters	142
Aibo (ab 1999), My Real Baby (ab 2000), Furby (ab 1998) (Quellen: https://www.sony.net/ ; https://www.walmart.com/ip/My-Real-Baby-Doll/878161/ ; https://en.wikipedia.org/wiki/Furby/ [Zugriff: 25.07.2019]).....	144
Der therapeutische Roboter Paro ist einer jungen Sattelrobbe nachempfunden (Quelle: http://www.parorobots.com/ [Zugriff: 25.07.2019])	145
Modell des relationalen Raumes nach Löw (Stoetzer, 2008, p. 11)	162
With Robots (2011) Diego Trujillo-Pisanty (Quelle: http://trujillodiego.com/work/withrobots.html/ [Zugriff: 25.07.2019])	173
Geräte zur Steuerung der Heimautomation: Gira Control 19 Client, Gira HomeServer App, Amazon Echo (Quellen: https://www.gira.de/ ; https://www.amazon.de/echo/ [Zugriff: 25.07.2019])	176
Zenbo (ASUS), Buddy (Blue Frog Robotics), Sanbot Nano (Qihan Technology), Pepper (Softbank)	181
Assistenzroboter Kompai in dem Forschungsprojekt Mobiserv, SCITOS G3 im Forschungsprojekt CompanionAble; Bot Care (Samsung)	182
Das Schokoladenmädchen von Jean-Étienne Liotard, 1743/45 (links) (Quelle: Staatliche Kunstsammlungen Dresden); Werbebild des Roboters Romeo (rechts) (Quelle: Softbank/Aldebaran)	190
Der Roboter NAO in der Modellküche des Wettbewerbs HUMABOT Challenge auf der Konferenz Humanoids 2014 (Quelle: http://www.irs.uji.es/humabot/ [Zugriff: 25.07.2019]) ..	191
ARMAR-III bei Greif- und Manipulationsaufgaben in einem Küchensetting des Roboterlabors am Institut für Anthropomatik und Robotik des KIT (Quelle: https://his.anthropomatik.kit.edu/ [Zugriff: 25.07.2019]).....	192
Leopold Bauer, Küche ca. 1901/1902 (Hanisch & Widrich, 1999, p. 22).....	194
Grundrisse zweier amerikanischer Häuser der Mittelklasse. Das Haus von 1916 (links) besitzt eine Anrichte (pantry). Die Haus von 1939 (rechts) eine Garage (Lupton & Miller, 1996, p. 44) ..	195
Perspektive der Stuttgarter Kleinküche von Erna Meyer, 1927 (Lupton & Miller, 1996, p. 49)	197
Frankfurter Küche von Margarete Schütte-Lihotzky, 1929 (Abbildung von Rekonstruktion, Quelle: MAK, Wien 1990)	197
Westinghaus Küche um 1940 (Lupton & Miller, 1996, p. 55)	198
Elektra Technovision - automatische Küche von Hasso Gehrmann für Elektra Bregenz, 1970 (Quelle: SKB).....	199

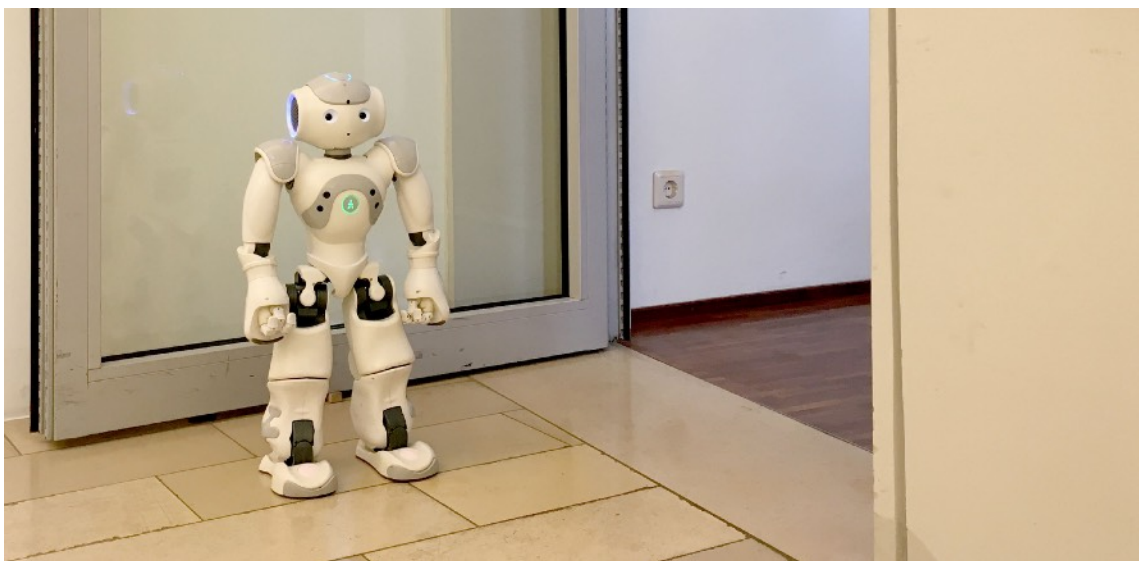
Luigi Colanis kugelförmige Küche „experiment 70“, 1970 (Quelle: Poggen pohl Möbelwerke GmbH)	200
Prototyp der Moley Robotic Kitchen, 2015 (Quelle: https://www.moley.com/ [Zugriff: 25.07.2019])	201
With Robots (2011) Diego Trujillo-Pisanty: Geschnittenes Fleisch als Präzisionsarbeit (Quelle: http://trujillodiego.com/work/withrobots.html/ [Zugriff: 25.07.2019])	204
Cover der Neuausgabe von Otl Aichers Studie für Bulthaup (Aicher, 1982)	206
Kücheninsel Mitte des Raumes und darüber angeordnete Hängeelemente, 1984 (Quelle: Bulthaup)	206
"Mal-Zeit" von Coop Himmelb(l)au, 1987 (Quelle: Ewe Küchen)	207
Roboter Nao als Concierge an der Abteilung für Architekturtheorie der TU Wien	249
Interaktionsschritte mit dem Roboter Nao als Concierge	251
Romeo mit Kamera und ein Selfie	252
Workflow vom Auslösen des Fotos mittels Sprachbefehl bis Facebook Upload des Selfies	253

Anhang

Hacks: Mikro-Projekte mit humanoiden Robotern

Ein Roboter als Concierge (2016)

Türen übernehmen verschiedene Funktionen und Aufgaben, wie Sichtschutz, akustische und thermische Isolierung oder Zugangskontrolle. Eine Türe markiert den Übergang und die Abgrenzung von Räumen oder Bereichen. Sie kann den Zugang für bestimmte Personen ermöglichen und für andere einschränken.



Roboter Nao als Concierge an der Abteilung für Architekturtheorie der TU Wien

In seinem Artikel „Ein Türschließer streikt“ beklagt Bruno Latour, dass Menschen verlernt haben, nach dem Durchschreiten einer Türe diese hinter sich ordnungsgemäß zu schließen. Weil es schwieriger sei alle Benutzer zu disziplinieren, wird die Aufgabe des Öffnens und Schließens der Türe einem Türsteher, Portier oder Concierge übertragen. Als Alternative lässt sich diese Funktion auf ein nicht-menschliches Wesen delegieren, einen sogenannten automatischen Türschließer. In Anlehnung an Bruno Latours Beschreibung eines automatischen Türschließer, wird in diesem Projekt ein humanoider Roboter als Concierge eingesetzt.

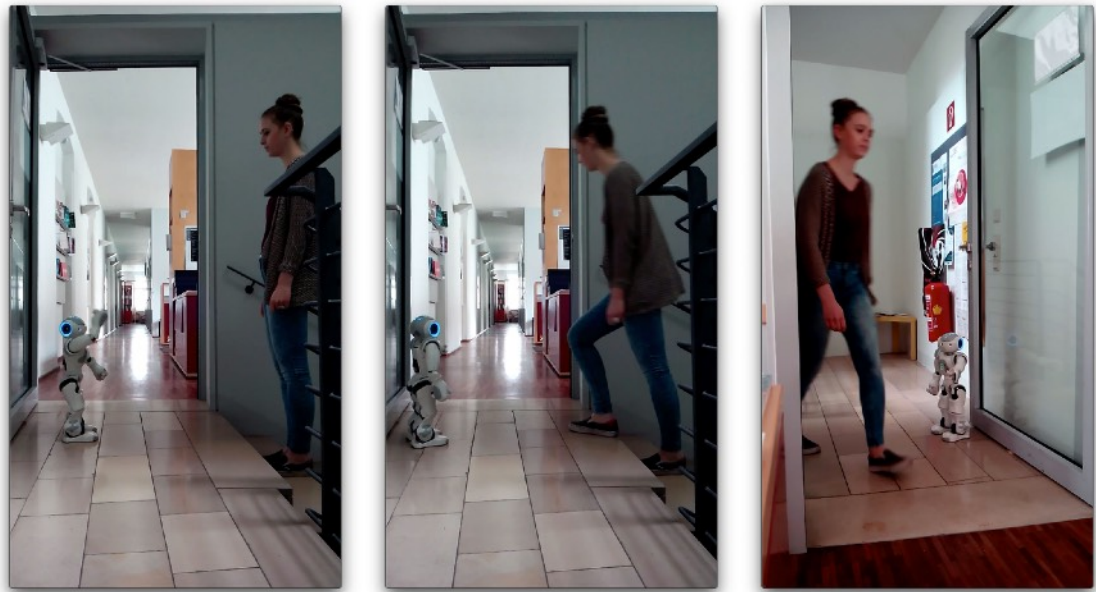
Türen vereinen meist verschiedene Aufgaben und Funktionen. Daher erscheint es sinnvoll, diese gesondert zu betrachten, da diese unterschiedlichen Aufgaben im Zusammenspiel ein komplexes System bilden.

Betrachten wir zunächst eine Türe ohne Schloss, die lediglich über einen Mechanismus, sei es ein Griff oder ein Berührungsfeld, geöffnet werden kann oder sich automatisch über Sensoren selbst öffnet. In diesem Fall kann die Türe entweder geschlossen oder offen sein. Ein erster Automatismus bei einer solchen Türe ist ein Türschließer, der sicherstellt, dass sich die Türe nach dem Öffnen wieder selbstständig schließt. Ein Beispiel für eine solche Türe wäre eine einfache Schwingtüre, wie man sie in hoch frequentierten Gebäuden wie Bahnhöfen, U-Bahnausgängen oder Theatern findet.

Eine Möglichkeit, einen Durchgang bestimmten Personen zugänglich zu machen und anderen zu verwehren, ist eine Türe mit Schloss, die nur Personen mit einem Schlüssel Zutritt gestattet. Dabei können Schlösser, Türgriffe und Knäufe in Kombination angebracht werden, wodurch sich auf jeder Türseite unterschiedliche Öffnungsmöglichkeiten ergeben. Beispielsweise kann eine Türe in eine Richtung nur mit Schlüssel passiert werden, während Personen aus der anderen Richtung kommend keinen Schlüssel benötigen. Türen lassen sich auch mit elektrischen Türöffnern steuern bei denen der Schließmechanismus elektromagnetisch bewegt wird. Während Schließanlagen komplexe technische Systeme darstellen, soll hier mehr der Fokus auf die individuelle Situation des Passieren einer Türe gelenkt werden.

Bei dem vermittelten Zugang durch einen humanoiden Roboter an der Schwelle zweier Räume ist nicht so sehr ein Vergleich mit technischen Schließsystemen zielführend, als vielmehr ein Vergleich mit einem Portier, der beispielsweise noch bei luxuriösen Hotels Gästen die Eingangstüre öffnet. Der Name Portier leitet sich aus dem lateinischen Wort „porta“ für Türe ab. Ein Portier übernimmt dabei nicht nur das Öffnen und Schließen der Türe, sondern behält auch die Kontrolle darüber, wer ein- und ausgeht.

Beispielhaft wird in dem Projekt *Ein Roboter als Concierge* der Zutritt zur Abteilung für Architekturtheorie an der TU Wien durch den Roboter Nao umgesetzt. Der humanoide Roboter übernimmt die Funktion eines Concierge. Verschiedene Personengruppen wie Mitarbeiter, Servicepersonal oder Studenten passieren diese Türe. Je nach Situation ist es sinnvoll, bestimmen Personen oder Gruppen den Durchgang zu erlauben oder zu verwehren. Im Sinne Latours handelt es sich bei diesem Projekt einerseits um die Delegation einer Aufgabe an ein nicht-menschliches Wesen, und andererseits um einen Rückbezug auf die ursprünglich menschliche Rolle eines Concierge.



Interaktionsschritte mit dem Roboter Nao als Concierge

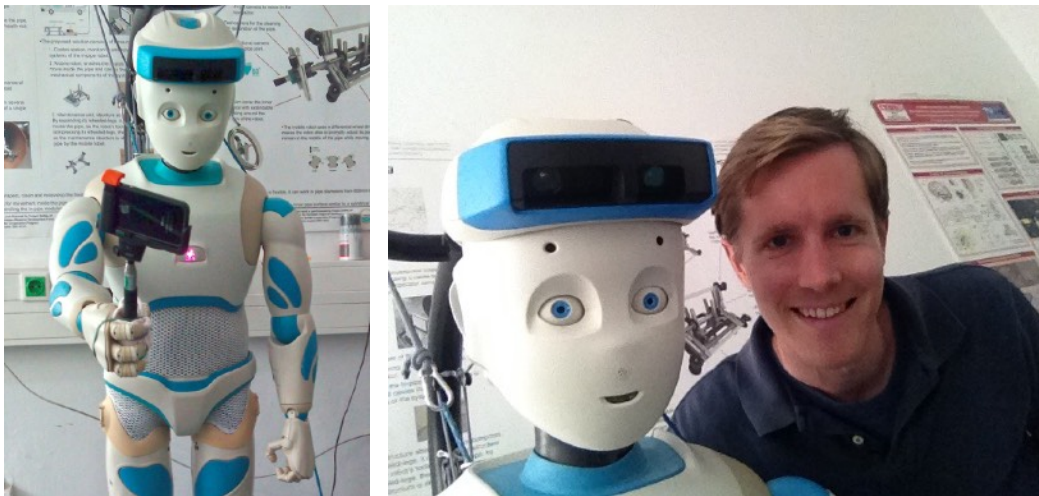
Neben der Zugangskontrolle wäre ein humanoider Roboter in der Lage, durch natürlich-sprachliche Interaktion und Körpersprache situationsabhängige und personenspezifische Auskünfte zu geben. Kameras würden es dem Roboter erlauben, bekannte Gesichter zu erkennen, zu dokumentieren, welche Personen sich aktuell in der Abteilung befinden, oder wann Personen das letzte Mal die Türe passiert haben. Bei ungewöhnlichen Vorkommnissen oder unerlaubtem Betreten können Mitarbeiter verständigt werden. Aus dieser Form der dokumentierten Zugangskontrolle ergeben sich auch Fragen zu Überwachung und Privatsphäre.

In Wohnumgebungen könnte ein robotischer Concierge etwa Postsendungen entgegennehmen oder ungebetene Gäste abweisen. Während Portiere, Concierges und Dienstboten in Haushalten nahezu verschwunden sind, könnten Roboter zu einer Wiederbelebung dieser Dienstleistung durch einen technischen Assistenten verhelfen.

Dank an Christoph Müller und Raphaela Schiefersteiner für die Unterstützung bei der Realisierung dieses Projektes.

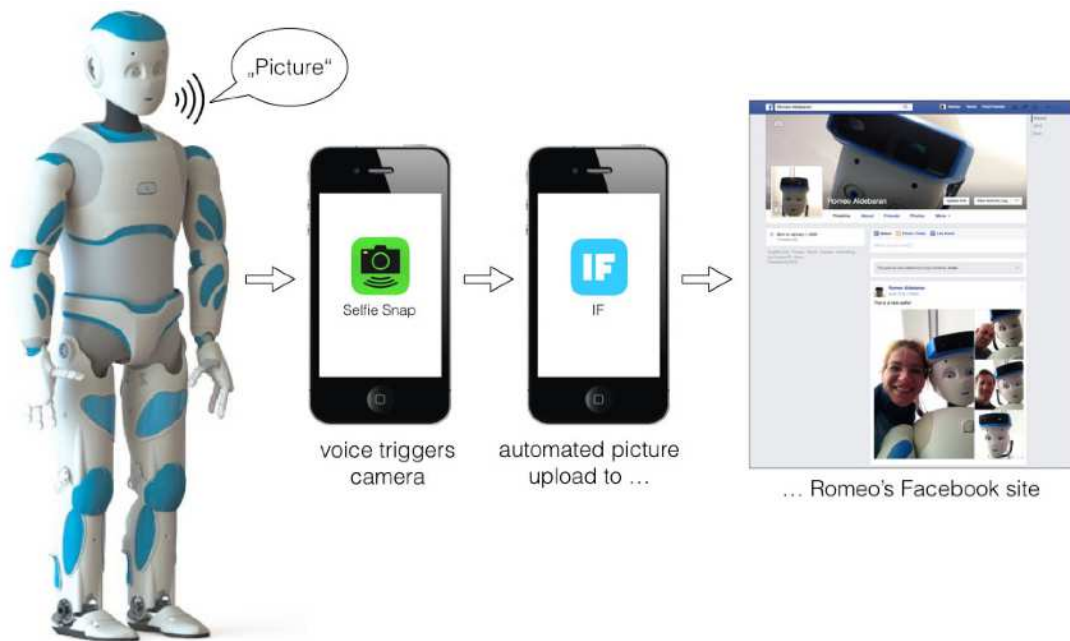
Selfie mit Romeo (2015)

Während der Roboter Romeo bei Vorführungen und Interaktionen mit Publikum oft selbst fotografiert wird, hat Romeo nun die Möglichkeit, Fotos von sich und anderen Personen zu erstellen. Der Roboter ist zwar mit vielerlei Kameras und Sensoren ausgestattet, allerdings ermöglichen ihm diese nicht, sich selbst in seiner Umgebung bildlich zu erfassen. Dieses Projekt erweitert den Funktionsumfang des humanoiden Roboters Romeo (Aldebaran) durch ein Smartphone. Die Kamera des Smartphones erlaubt es dem Roboter, sogenannte *Selfies* zu erstellen: Fotos von sich selbst und einer anderen Person in seiner Umgebung.



Romeo mit Kamera und ein Selfie

Durch die Einladung zu einem Selfie erzeugt der Roboter eine spezifische soziale Situation mit einer anderen Person. Während wir kulturbedingt bestimmte Distanzen zu unterschiedlichen Personen einnehmen, machen Personen hier eine spezifische Distanzerfahrung mit dem Roboter. Diese räumliche Nähe zum Roboter während des Selfies liegt im Bereich der Intimdistanz, die wir im zwischenmenschlichen Verhältnis gewöhnlich nur mit sehr vertrauten Personen einnehmen. Die Situation des Selfie erfordert neben einer bestimmten körperlichen Nähe eine ähnliche Augenhöhe und die gleiche Blickrichtung. Oft kommt es sogar zu einer körperlichen Berührung.



Workflow vom Auslösen des Fotos mittels Sprachbefehl bis Facebook Upload des Selfies

Technisch wurde das Projekt mit einem Selfie-Stick, Sprachsteuerung und einem automatischen Foto-Upload aus Facebook umgesetzt. Mithilfe des Selfie-Sticks wurde eine Distanz zwischen dem Roboter und der Kamera hergestellt, die es auch erlaubt, andere Personen neben dem Roboter abzubilden. Zusätzlich unterstützte der Selfie-Stick die szenische Umsetzung des Projektes. Ausgelöst wurde die Kamera des Smartphones mittels Sprachsteuerung durch den Roboter. Durch ein Script wurden die so entstandenen Selfie-Bilder automatisch auf eine eigens eingerichtete Facebook Seite geladen, die als Dokumentation der verschiedenen Situationen Romeos diente.

Dank an Christoph Müller für die Unterstützung bei der Dokumentation dieses Projektes.

Publikationen und Vorträge

Teile dieser Dissertation wurden auf der Konferenz *smartASSIST 2018* an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg unter dem Title *Ko-Konstitution sozialer Räume durch Assistenztechnologien* präsentiert und im Konferenzband publiziert. Weitere Vorträge im Rahmen von Symposien und Kolloquien.

Vorträge über Teile dieser Arbeit

- smartASSIST 2018 - Hamburg, Deutschland (11.12.2018) „Ko-Konstitution sozialer Räume durch Assistenztechnologien“
- FallingWallsLAB16 - Technisches Museum Wien (22.04.2016) „Breaking the wall of social robots as actors & networks“
- Wiener Doktorand_innensymposion der Architektur (07.05.2015) „Humanoide Roboter in der Architektur“

Diese Arbeit wurde durch den regen fachlichen Austausch und die Projektstätigkeit mit der interdisziplinären Forschungsgruppe H.A.U.S. (**H**umanoids in **A**rchitecture and **U**rban **S**paces) bereichert. Die folgende Aufstellung gibt einen Überblick über die Publikationen der Forschungsgruppe H.A.U.S. an denen ich als Koautor beteiligt war.

Publikationen mit der Forschungsgruppe H.A.U.S

- Stangl B. (2018). Ko-Konstitution sozialer Räume durch Assistenztechnologien. smartASSIST 2018, Hamburg, Deutschland
- Schürer, O., Hubatschke, C., Müller, C., Stangl B. (2018). Space-Game: Domestication of Humanoid Robots and AI by Generating a Cultural Space Model of Intra-action between Human and Robot. In: Athanasios Karafillidis; Robert Weidner (Hrsg.): Developing Support Technologies. Springer.
- Schürer, O., Stangl, B., Müller, C., Hubatschke, C., (2018). Experiments with a First Prototype of a Spatial Model of Cultural Meaning through Natural-Language Human-Robot Interaction. Technologies, Volume 6, Issue 1.
- Schürer, O., Stangl, B., Müller, C., Hubatschke, C., (2017). A first prototype of a space model of cultural meaning by natural-language human-robot interaction.

10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA'17), Rhodos, Griechenland.

- Schürer, O., Hubatschke, C., Müller, C., Stangl B. (2016). Raum-Spiel: Generieren eines kulturellen Raummodells durch Mensch-Roboter-Interaktion. smartASSIST 2016, Hamburg, Deutschland.
- Stangl, B., Müller, C., Schürer, O. (2016). Ein Roboter wie ein H.A.U.S.?. Architektur & Bauforum, 09/2016, Wien.

Lebenslauf

AUSBILDUNG

Master Architektur

TU Wien (10/2008 - 06/2013)

Thema Masterarbeit: How Digital Tools Shape the Way Architects Think

Auslandssemester Architektur (Joint Study)

McGill University, Montreal, Kanada (01/2011 - 06/2011)

Master Building Science and Technology

TU Wien (10/2008 - 11/2010)

Thema Masterarbeit: Simulation of Interactive Virtual Spaces

Bachelor Architektur

TU Wien (10/2004 - 07/2008)

WISSENSCHAFTLICHE TÄTIGKEIT

Forschungsgruppe H.A.U.S (Humanoids in Architecture and Urban Spaces)
(2015 -)

TU Wien, Forschungsbereich Architekturtheorie und Technikphilosophie

CHNT - Conference on Cultural Heritage & New Technologies (2009 - 2017)

Session Chair und Mitglied des wissenschaftlichen Komitees

Green.Building.Solutions - OeAD Summer University (2012-2016)

Tutor für nachhaltiges Planen und energieeffizientes Bauen

IEMAR – Fachbereich EDV-gestützte Methoden in Architektur und
Raumplanung, TU Wien (07/2012 - 05/2013) Projektarbeit

STIPENDIEN & AUSZEICHNUNGEN

- Doktoratsstipendium Konferenzteilnahme, TU Wien (2016, 2017, 2018)
- Bestes interdisziplinäres Paper, Konferenz smartASSIST (2016)
- Diplomarbeitspreis der Stadt Wien (2011)
- Diplom-Förderungsstipendium, TU Wien (2009)
- Leistungsstipendium, TU Wien (2005 - 2009, 2011)