

Christoph Bartneck  
Tony Belpaeme  
Friederike Eysel

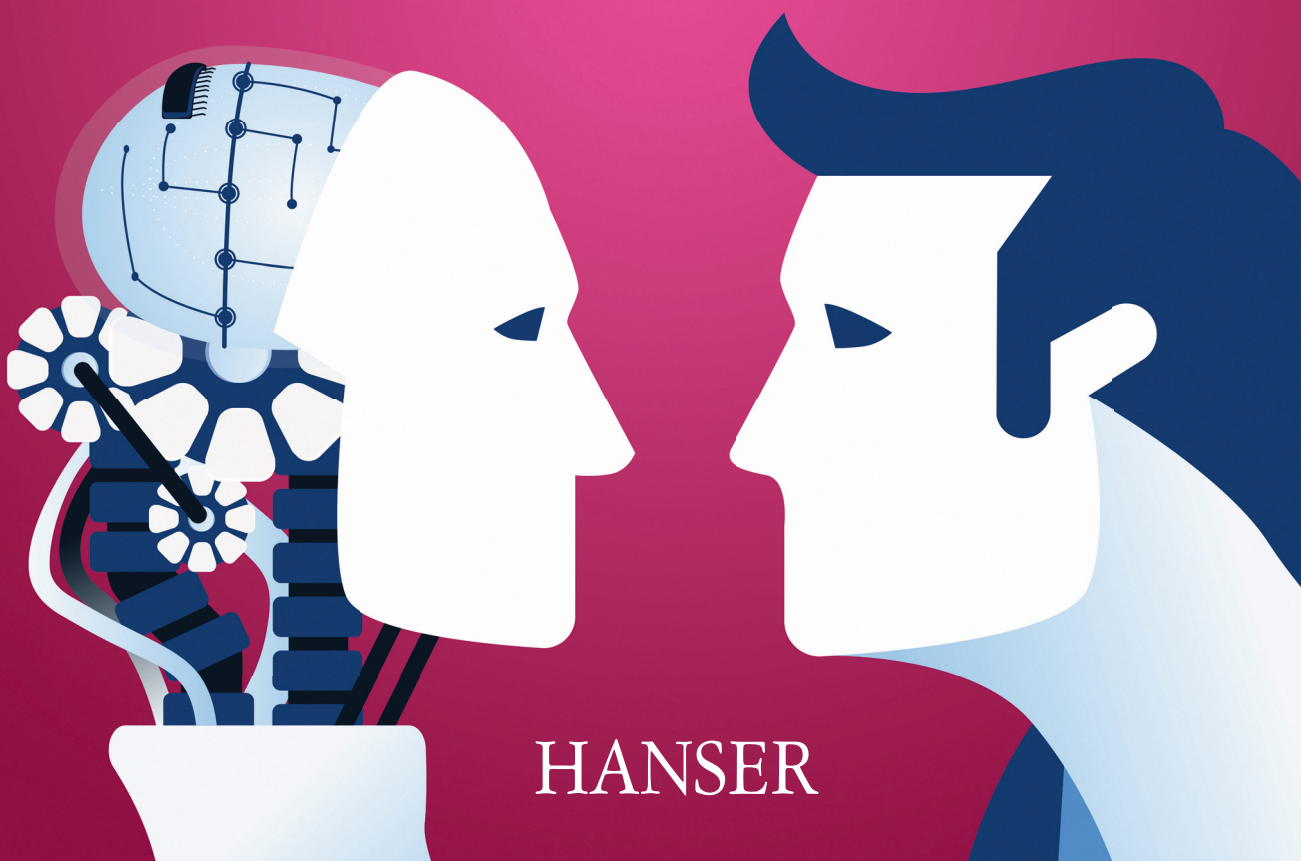
Takayuki Kanda  
Merel Keijsers  
Selma Šabanović

# Mensch-Roboter- Interaktion



EINE EINFÜHRUNG

2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage



HANSER





**Bleiben Sie auf dem Laufenden!**

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

**[www.hanser-fachbuch.de/newsletter](http://www.hanser-fachbuch.de/newsletter)**



Christoph Bartneck  
Tony Belpaeme  
Friederike Eysel  
Takayuki Kanda  
Merel Keijsers  
Selma Šabanović

# **Mensch-Roboter- Interaktion**

Eine Einführung

2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

**HANSER**

Über die Autor:innen:

*Christoph Bartneck*, University of Canterbury (Neuseeland)

*Tony Belpaeme*, Universität Gent (Belgien), University of Plymouth (Großbritannien)

*Friederike Eyszel*, Universität Bielefeld (Deutschland)

*Takayuki Kanda*, Universität Kyoto (Japan)

*Merel Keijsers*, John Cabot University in Rom (Italien)

*Selma Šabanović*, Indiana University (Vereinigte Staaten)



Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Print-ISBN: 978-3-446-47768-1

E-Book-ISBN: 978-3-446-47859-6

Epub-ISBN: 978-3-446-48132-9

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen für Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benützt werden dürften.

Die endgültige Entscheidung über die Eignung der Informationen für die vorgesehene Verwendung in einer bestimmten Anwendung liegt in der alleinigen Verantwortung des Nutzers.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Werkes, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2024 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

[www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Dipl.-Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Titelmotiv: © [shutterstock.com/Zenzen](https://www.shutterstock.com/Zenzen)

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck: CPI Books GmbH, Leck

Printed in Germany

# Vorwort

Die Rolle von Robotern in der Gesellschaft erweitert und verändert sich ständig und bringt eine Reihe von Fragen zu der Beziehung zwischen Roboter und Mensch mit sich. Diese Einführung in die Mensch-Roboter-Interaktion (Human-Robot Interaction, HRI), die von führenden Forschern auf diesem sich entwickelnden Gebiet verfasst wurde, ist die erste, die einen breiten Überblick über die multidisziplinären Themen bietet, die für die moderne HRI-Forschung von zentraler Bedeutung sind. Studenten und Forscher aus den Bereichen Robotik, künstliche Intelligenz, Psychologie, Soziologie und Design finden darin einen prägnanten und zugänglichen Leitfaden zum aktuellen Stand des Fachgebiets.

Das vorliegende Buch wurde für Studierende mit unterschiedlichem Vorwissen geschrieben. Es stellt relevante Hintergrundkonzepte vor, beschreibt, wie Roboter funktionieren, wie sie entworfen werden und wie ihre Leistung bewertet werden kann. In eigenständigen Kapiteln wird ein breites Spektrum von Themen diskutiert, darunter die verschiedenen Kommunikationsmodalitäten wie Sprache und Sprechen, nonverbale Kommunikation und die Verarbeitung von Emotionen sowie ethische Fragen rund um den Einsatz von Robotern heute und im Kontext unserer zukünftigen Gesellschaft.

## **Anmerkungen zur zweiten Auflage**

Wie viele andere Bereiche mit Bezug zu neuen Technologien, verändert und entwickelt sich HRI weiter, während neue technologische Möglichkeiten für das Design und die Implementierung von Robotern und die Untersuchung von Menschen, die mit ihnen interagieren, verfügbar werden. Damit dieses Buch auch weiterhin relevant bleibt, haben wir es 2023 überarbeitet, um neue technische Möglichkeiten sowie neue theoretische und methodische Entwicklungen auf diesem Gebiet zu berücksichtigen. Zudem wollten wir mehr Diskussionen über Inklusion, gesellschaftliche Relevanz und Auswirkungen und ethische Überlegungen zu HRI in den ursprünglichen Text aufnehmen. Unsere erste Ausgabe konzentrierte sich weitgehend auf die soziale Robotik als Hauptbereich der HRI. Dabei vernachlässigten wir die Interaktionen zwischen Menschen und Robotern in Kontexten wie Fabri-

ken, in denen Menschen und Roboter bei der Erledigung verschiedener Aufgaben zusammenarbeiten, der Katastrophenhilfe, bei der Menschen mit mobilen und fliegenden Robotern interagieren, um Brände zu löschen oder Menschenleben zu retten, und sogar den Bereich autonomes Fahren. In dieser Version des Buches fassen wir unser Verständnis des sozialen Charakters der Mensch-Roboter-Interaktion neu, um die Mensch-Roboter-Interaktion und -Zusammenarbeit einzubeziehen, deren sozialer Charakter breiter gefasst ist: In gewissem Sinne können alle Roboter, die an der Seite von und mit Menschen arbeiten, als sozial verstanden werden, und alle Mensch-Roboter-Interaktionen können in den Anwendungsbereich der HRI-Forschung fallen. Ende 2022 bzw. Anfang 2023 arbeiteten wir sowohl bei persönlichen Treffen als auch aus der Ferne an der Aktualisierung des Textes und der im Buch bereitgestellten Lernübungen. Wir wünschen Ihnen viel Spaß mit den neuen Inhalten!

*Christoph Bartneck*

*Tony Belpaeme*

*Friederike Eyssel*

*Takayuki Kanda*

*Merel Keijsers*

*Selma Šabanović*



# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Über dieses Buch .....	1
1.2 Die Autor:innen .....	4
1.2.1 Christoph Bartneck .....	4
1.2.2 Tony Belpaeme .....	4
1.2.3 Friederike Eyssel .....	4
1.2.4 Takayuki Kanda .....	5
1.2.5 Merel Keijsers .....	5
1.2.6 Selma Šabanović .....	5
<b>2 Was ist Mensch-Roboter-Interaktion?</b> .....	<b>7</b>
2.1 Der Schwerpunkt dieses Buches .....	10
2.2 HRI als interdisziplinäres Unterfangen .....	11
2.3 Die Entwicklung von sozialen Robotern und HRI .....	14
2.4 Übungen .....	24
<b>3 Wie ein Roboter funktioniert</b> .....	<b>27</b>
3.1 Die Entstehung eines Roboters .....	28
3.2 Robotertypen .....	30
3.3 Systemarchitektur .....	33
3.3.1 Hardware-Ebenen .....	33
3.3.2 Software-Ebenen .....	34
3.4 Sensoren .....	34
3.4.1 Vision .....	35

3.4.2	Audio	38
3.4.3	Berührungssensoren	39
3.4.4	Andere Sensoren	40
3.5	Stellantriebe	41
3.5.1	Motoren	41
3.5.2	Pneumatische Antriebe	43
3.5.3	Lautsprecher	44
3.6	Middleware	44
3.6.1	Was ist eine Middleware?	44
3.6.2	Betriebssystem	46
3.7	Anwendungen	47
3.7.1	Verhaltensprogrammierung	50
3.7.2	Animationseditoren	53
3.8	Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen	54
3.8.1	Überwachtes Lernen	54
3.8.2	Computerbasiertes Sehen	61
3.8.3	Reinforcement Learning	62
3.8.4	Anpassung	63
3.9	Beschränkungen der Robotik für HRI	64
3.10	Schlussfolgerung	68
3.11	Übungen	69
<b>4</b>	<b>Design</b>	<b>75</b>
4.1	Gestaltung	78
4.1.1	Morphologie und Form des Roboters	78
4.1.2	Aktionspotenziale	80
4.1.3	Entwurfsmuster	81
4.1.4	Gestaltungsprinzipien für die Mensch-Roboter-Interaktion	82
4.2	Anthropomorphisierung	84
4.2.1	Zuschreibung menschenähnlicher Eigenschaften an Roboter	85
4.2.2	Design eines menschenähnlichen Erscheinungsbildes	89
4.3	Entwurfsmethoden	92
4.3.1	Technischer Designprozess	92

4.3.2	Nutzerzentrierter Entwurfsprozess	94
4.3.3	Partizipatives Design	96
4.4	Prototyping-Werkzeuge	98
4.5	Kultur im HRI-Design	99
4.6	Von Maschinen zu Menschen und dazwischen	101
4.7	Schlussfolgerung	104
4.8	Übungen	105
<b>5</b>	<b>Interaktion im Raum</b>	<b>109</b>
5.1	Nutzung des Raums in der menschlichen Interaktion	111
5.1.1	Proxemik	111
5.1.2	Dynamik der räumlichen Interaktion in der Gruppe	113
5.2	Räumliche Interaktion bei Robotern	115
5.2.1	Soziale Navigation	115
5.2.2	Sozialverträgliche Positionierung	117
5.2.3	Räumliche Dynamik der initiierten HRI	120
5.2.4	Informieren der Nutzer über die Absicht eines Roboters	122
5.3	Schlussfolgerung	123
5.4	Übungen	124
<b>6</b>	<b>Nonverbale Interaktion</b>	<b>127</b>
6.1	Funktionen von nonverbalen Hinweisen in der Interaktion	129
6.2	Arten der nonverbalen Interaktion	131
6.2.1	Blick und Augenbewegung	131
6.2.2	Gestik	134
6.2.3	Mimikry und Imitation	136
6.2.4	Berührung	138
6.2.5	Körperhaltung und Bewegung	141
6.2.6	Rhythmus und Zeitplanung der Interaktion	142
6.3	Nonverbale Interaktion bei Robotern	144
6.3.1	Verarbeitung von nonverbalen Hinweisreizen	144
6.3.2	Generieren von nonverbalen Hinweisen bei Robotern	145
6.4	Schlussfolgerung	147
6.5	Übungen	148

<b>7</b>	<b>Verbale Interaktion</b> .....	<b>151</b>
7.1	Verbale Interaktion von Mensch zu Mensch .....	152
7.1.1	Komponenten der Sprache .....	153
7.1.2	Geschriebener Text versus gesprochene Sprache .....	154
7.2	Spracherkennung .....	155
7.2.1	Grundlegende Prinzipien der Spracherkennung .....	156
7.2.2	Einschränkungen .....	158
7.2.3	Praktische Umsetzung .....	158
7.2.4	Erkennung der Sprechaktivität .....	160
7.3	Dialogmanagement .....	160
7.3.1	Den Sinn eines Textes herauslesen .....	160
7.3.2	Large Language Models .....	162
7.3.3	Dialogmanager .....	164
7.3.4	Chatbots .....	166
7.3.5	Praktische Umsetzung .....	168
7.4	Sprecherwechsel in der HRI .....	171
7.5	Sprachproduktion .....	172
7.5.1	Praktische Umsetzung .....	174
7.6	Schlussfolgerung .....	175
7.7	Übungen .....	176
<b>8</b>	<b>Wie Menschen Roboter wahrnehmen</b> .....	<b>179</b>
8.1	Eindrucksbildung .....	180
8.2	Anthropomorphismus .....	182
8.3	Messen von Anthropomorphisierung .....	186
8.3.1	Explizite Messungen .....	186
8.3.2	Implizite Maße .....	188
8.4	Auswirkungen von Anthropomorphismus .....	189
8.4.1	Vertrauen in Technologie .....	190
8.4.2	Akzeptanz von Robotern .....	191
8.4.3	(Un-)Wohlsein gegenüber Robotern .....	192
8.5	Schlussfolgerung .....	193
8.6	Übungen .....	194

<b>9</b>	<b>Emotionen</b> .....	<b>197</b>
9.1	Was sind Emotion, Stimmung und Affekt? .....	198
9.1.1	Emotion und Interaktion .....	199
9.1.2	Konzeptualisierung menschlicher Emotionen .....	199
9.2	Probleme der emotionalen Reaktionsfähigkeit .....	201
9.3	Emotionen und Roboter .....	203
9.3.1	Interaktionsstrategien .....	203
9.3.2	Wahrnehmung von Emotionen .....	204
9.3.3	Ausdruck von Emotionen .....	205
9.3.4	Emotionsmodelle .....	207
9.4	Herausforderungen bei affektiver HRI .....	209
9.5	Schlussfolgerung .....	211
9.6	Übungen .....	212
<b>10</b>	<b>Forschungsmethoden</b> .....	<b>215</b>
10.1	Definieren einer Forschungsfrage und eines Forschungsansatzes .....	217
10.1.1	Ist Ihre Forschung explorativ oder bestätigend? .....	218
10.1.2	Stellen Sie eine Korrelation oder eine Kausalität her? .....	220
10.2	Auswahl zwischen qualitativen, quantitativen und gemischten Methoden .....	222
10.2.1	Anwenderstudien .....	223
10.2.2	Umfrage-Studien .....	225
10.2.3	Systemevaluation .....	226
10.2.4	Beobachtungsstudien .....	227
10.2.5	Ethnografische Studien .....	229
10.2.6	Konversationsanalyse .....	231
10.2.7	Nutzerstudien mittels Crowdsourcing .....	231
10.2.8	Fallstudien .....	234
10.3	Auswahl von Forschungsteilnehmern und Studiendesigns .....	235
10.3.1	Die Repräsentativität Ihrer Stichprobe .....	235
10.3.2	Größe der Stichprobe .....	236

10.4	Den Kontext der Interaktion definieren	238
10.4.1	Setting der Studie	238
10.4.2	Zeitlicher Kontext der HRI	239
10.4.3	Soziale Ebenen der Interaktion in der HRI	239
10.5	Auswahl eines Roboters für Ihre Studie	242
10.6	Einrichten des Interaktionsmodus	243
10.6.1	Wizard-of-Oz-Technik	243
10.6.2	Reale versus simulierte Interaktion	244
10.7	Auswahl geeigneter Messinstrumente	245
10.8	Standards der statistischen Analyse	247
10.8.1	Statistiken sinnvoll nutzen	249
10.8.2	Bewährte Verfahrensweisen zur Problembewältigung bei klassischen statistischen Tests	252
10.9	Ethische Überlegungen bei HRI-Studien	254
10.10	Schlussfolgerung	256
10.11	Übungen	258
<b>11</b>	<b>Anwendungen</b>	<b>263</b>
11.1	Roboter im Kundenservice	266
11.1.1	Roboter als Ausstellungsführer	267
11.1.2	Roboter als Rezeptionisten	268
11.1.3	Roboter für Werbeaktionen	269
11.2	Roboter zum Lernen	270
11.3	Roboter zur Unterhaltung	271
11.3.1	Haustier- und Spielzeugroboter	271
11.3.2	Roboter für Ausstellungen	273
11.3.3	Roboter in der darstellenden Kunst	273
11.3.4	Sexroboter	274
11.4	Roboter im Gesundheitswesen und in der Therapie	275
11.4.1	Roboter für Senioren	276
11.4.2	Roboter für Menschen mit Autismus-Spektrum-Störungen	277
11.4.3	Roboter für die Rehabilitation	278
11.4.4	Roboter zur Unterstützung der psychischen Gesundheit	279

11.5	Roboter als persönliche Assistenten .....	280
11.6	Serviceroboter .....	281
11.6.1	Reinigungsroboter .....	281
11.6.2	Lieferroboter .....	282
11.7	Sicherheitsroboter .....	283
11.8	Kollaborative Roboter .....	285
11.9	Selbstfahrende Autos .....	286
11.10	Ferngesteuerte Roboter .....	291
11.10.1	Anwendungen von ferngesteuerten Robotern .....	291
11.10.2	Mensch-Roboter-Teams .....	293
11.10.3	Telepräsenzroboter und Avatar-Roboter .....	294
11.11	Zukünftige Anwendungen .....	295
11.12	Probleme der Roboteranwendung .....	296
11.12.1	Öffentlichkeitsarbeit .....	296
11.12.2	Berücksichtigung der Nutzererwartungen .....	297
11.12.3	Abhängigkeit .....	298
11.12.4	Stehlen der Aufmerksamkeit .....	298
11.12.5	Verlust des Interesses durch den Nutzer .....	299
11.12.6	Ausnutzung und Missbrauch von Robotern .....	299
11.13	Schlussfolgerung .....	301
11.14	Übungen .....	302
<b>12</b>	<b>Roboter in der Gesellschaft .....</b>	<b>305</b>
12.1	Roboter in populären Medien .....	306
12.1.1	Roboter wollen Menschen sein .....	308
12.1.2	Roboter als Bedrohung für die Menschheit .....	309
12.1.3	Überlegene Roboter sind gut .....	311
12.1.4	Ähnlichkeit zwischen Menschen und Roboter .....	311
12.1.5	Narrative der Roboterwissenschaft .....	313
12.2	Ethik in der HRI .....	315
12.2.1	Roboter in der Forschung .....	316
12.2.2	Roboter zur Erfüllung emotionaler Bedürfnisse .....	317
12.2.3	Roboter am Arbeitsplatz .....	322

12.2.4	Ambivalente Einstellungen gegenüber Robotern .....	323
12.2.5	Eine vielfältigere und integrativere HRI .....	323
12.3	Schlussfolgerung .....	327
12.4	Übungen .....	329
<b>13</b>	<b>Die Zukunft</b> .....	<b>333</b>
13.1	Das Wesen der Mensch-Roboter-Beziehungen .....	336
13.2	Fortschritt in der HRI .....	338
13.3	Ausblick .....	339
13.4	Übungen .....	342
<b>14</b>	<b>Antworten</b> .....	<b>345</b>
<b>15</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>353</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>397</b>



# 1

## Einleitung

### ■ 1.1 Über dieses Buch

Seit den 1950er-Jahren lag die Vorstellung von einem alltäglichen Zusammenleben von Mensch und Roboter immer etwa 10–20 Jahre in der Zukunft. Wahrscheinlich besteht diese Prognose auch zu dem Zeitpunkt, an dem Sie dieses Buch lesen. In den frühen 2020er-Jahren, in denen wir uns während des Verfassens dieses Buches befinden, sind Roboter in den Nachrichten, auf der Kinoleinwand und natürlich in der Science-Fiction-Literatur ein sehr präsentenes Thema. Inzwischen sind Roboter sogar in unserem täglichen Leben, auf den Straßen der Städte, in Klassenzimmern, Cafés und Restaurants oder in Hotels anzutreffen. Haben Sie schon einmal mit einem Roboter zu tun gehabt? Etwa mit einem Staubsaugerroboter? Einem Roboterspielzeug, -haustier oder -gefährten? Wenn nicht, werden Sie dies höchstwahrscheinlich bald tun. Technologieunternehmen haben das Potenzial von persönlichen Robotern bereits im Blick, und sowohl Start-ups als auch große multinationale Unternehmen bereiten sich auf die Entwicklung heiß begehrter Roboter vor. Allerdings wird es wohl noch eine ganze Weile dauern, bis Ihr treuer Roboter-Butler Ihnen das Frühstück ans Bett bringen wird. Einer der Gründe dafür ist, dass sich die Entwicklung von Robotern, die über einen längeren Zeitraum hinweg dynamisch mit unterschiedlichen Nutzern interagieren können, als schwieriger als ursprünglich angenommen erwiesen hat. Robuste Mensch-Roboter-Interaktion (Human-Robot Interaction, HRI) ist schwierig zu entwerfen und umzusetzen.

Wie wird sich dieser Forschungsbereich weiterentwickeln? Wie wird – und wie sollte – unsere Zukunft mit Robotern aussehen? Wie werden sich Roboter künftig in unser Leben einfügen? All diese Fragen sind noch offen. Es gibt eine Reihe noch unbekannter, aber spannender Zukunftsszenarien, in denen Roboter uns unterstützen, mit uns zusammenarbeiten, uns transportieren oder uns unterhalten. Da Sie dieses Buch in die Hand genommen haben, sollten Sie neugierig darauf sein, was diese Zukunft mit sich bringen könnte. Vielleicht möchten Sie sogar selbst einen Beitrag an der Gestaltung von zukünftigen Interaktionen mit Robotern leisten.

Dafür kommt es zunächst einmal auf Sie selbst an: Was für einen Bildungshintergrund haben Sie? Rührt Ihre Neugierde für Roboter aus einem Interesse an Technik, Psychologie, Kunst oder Design? Oder haben Sie dieses Buch aufgeschlagen, weil es Ihre kindliche Faszination für Roboter neu entfacht hat? HRI ist das Bestreben, Ideen aus einer Vielzahl von Disziplinen zusammenzubringen. Einflüsse aus Technik, Informatik, Robotik, Psychologie, Linguistik, Soziologie und Design tragen ein Stück dazu bei, wie wir mit Robotern interagieren. Somit liegt HRI am Schnittpunkt dieser Disziplinen. So zahlt es sich als Informatiker aus, sich auch in Sozialpsychologie auszukennen; als Designer, profitiert man durch Kenntnisse in Soziologie.

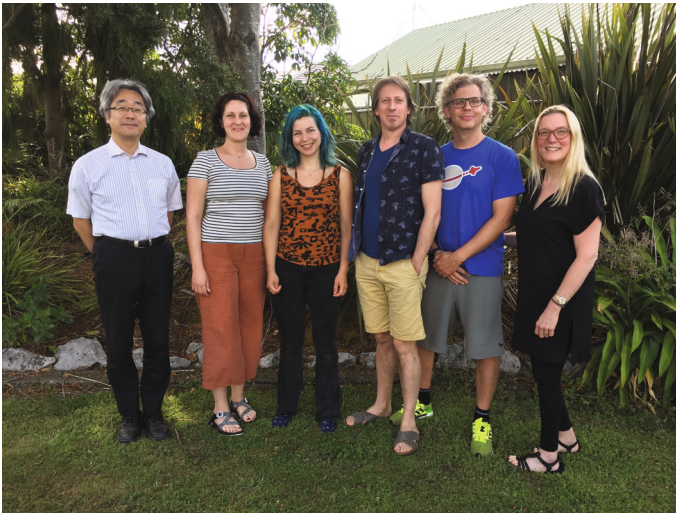
Falls Sie einen technischen Hintergrund haben, glauben Sie, einen Roboter bauen zu können, der mit Menschen interagieren kann, indem Sie dafür nur mit anderen Ingenieuren zusammenarbeiten? Wir sind leider der Meinung, dass Sie dazu nicht in der Lage sein werden. Um Roboter zu entwerfen, mit denen Menschen interagieren wollen, benötigt man ein gutes Verständnis menschlicher sozialer Interaktionen. Um dieses Verständnis zu erlangen, braucht man Einblicke von Menschen, die in den Sozial- und Geisteswissenschaften ausgebildet wurden.

Sind Sie Designer? Denken Sie, dass Sie einen sozial interaktiven Roboter entwerfen können, ohne mit Ingenieuren und Psychologen zusammenzuarbeiten? Die Erwartungen der Menschen an Roboter und ihre Rolle im Alltag sind nicht nur hoch, sondern auch von Mensch zu Mensch sehr unterschiedlich. Manche Menschen wünschen sich einen Roboter, der für sie kocht, andere wünschen sich einen Roboter, der ihre Hausaufgaben macht und im Anschluss eine intellektuelle Unterhaltung über den neuesten Star Wars-Film führt. Die Fähigkeiten von Robotern als Assistenten sind jedoch immer noch recht begrenzt. Moravecs Paradoxon gilt auch Jahrzehnte nach seiner ersten Äußerung noch: Alles, was Menschen schwerfällt, ist für Maschinen relativ einfach, und alles, was ein kleines Kind kann, ist für eine Maschine fast unmöglich. Als Designer braucht man also ein gutes Verständnis der technischen Möglichkeiten, von der menschlichen Psychologie und von Soziologie, um einen Entwurf eines Roboters auszuarbeiten, der praktisch umsetzbar ist.

Und nicht zuletzt, diejenigen von Ihnen, die in Psychologie und Soziologie geschult sind, wollen Sie einfach nur darauf warten, dass eben beschriebene Arten von Robotern in unserer Gesellschaft auftauchen? Wäre es nicht bereits zu spät, sich erst dann mit Robotertechnologien zu befassen, wenn diese schon Teil unseres Alltags sind? Wollen Sie nicht Einfluss darauf nehmen, wie die Roboter aussehen und interagieren? Was Sie schon jetzt tun können, ist mit befreundeten Ingenieuren und Informatikern zu sprechen oder mit einem Designer Mittagessen zu gehen. Dadurch können Ihre sozialwissenschaftlichen Ideen auf dem, was technisch möglich ist, aufgebaut werden und Ihnen dabei helfen, die Bereiche zu finden, in denen Ihr Wissen den größten Einfluss haben kann.

Genau wie wir sechs Autoren dieses Buches, werden auch Sie alle zusammenarbeiten müssen. Um dabei effektiv zu sein, müssen Sie die Perspektiven von HRI-Fachleuten aus verschiedenen Disziplinen verstehen und sich des unterschiedlichen Fachwissens bewusst sein, das es für die Entwicklung erfolgreicher HRI-Projekte braucht. In diesem Buch möchten wir Ihnen einen breiten Überblick über zentrale HRI-Themen geben und Sie dazu anregen, darüber nachzudenken, wie Sie zu diesen Themen beitragen können. Wir möchten, dass Sie gemeinsam mit uns die Grenzen des Bekannten und Möglichen erweitern. Die Technologie ist inzwischen so weit fortgeschritten, dass es möglich ist, mit geringem Kostenaufwand seinen eigenen Roboter zu bauen und zu programmieren. Roboter werden Teil unserer Zukunft sein, also nutzen Sie Ihre Chance, sie zu gestalten.

Das Autorenteam besteht aus einer Gruppe von weltweit führenden Experten aus dem breiten Spektrum der Disziplinen, die zur HRI beitragen. Unser aller Herz schlägt für die Verbesserung der Interaktion zwischen Menschen und Robotern. Darüber hinaus wollen wir sicherstellen, dass Roboter auf eine der Gesellschaft und den Menschen, die sie nutzen und durch sie beeinflusst werden, dienliche Art eingesetzt werden.



**Bild 1.1** Die Autoren dieses Buches trafen sich im Januar 2018 in Westport, Neuseeland, um das Manuskript während eines einwöchigen „Buchsprints“ zu beginnen. Das Schreiben und Redigieren wurde in den folgenden anderthalb Jahren durch Zusammenarbeit aus der Ferne fortgesetzt mit vielen langen Videokonferenzen und zahlreichen E-Mails.

## ■ 1.2 Die Autor:innen

### 1.2.1 Christoph Bartneck

Christoph Bartneck ist Professor im Fachbereich Informatik und Softwaretechnik an der Universität Canterbury, Neuseeland. Er hat einen Werdegang in Industriedesign und Mensch-Computer-Interaktion. Seine Projekte und Studien werden in führenden Zeitschriften, Zeitungen und Konferenzen veröffentlicht. Seine Interessen liegen in den Bereichen Mensch-Computer Interaktion, Naturwissenschaft und Technologie, sowie visuelles Design. Insbesondere beschäftigt Christoph sich mit den Auswirkungen von Anthropomorphismus auf HRI. Als sekundäres Forschungsinteresse arbeitet er an Projekten im Bereich der Sporttechnologie und der kritischen Untersuchung von Prozessen und Richtlinien in der Wissenschaft. Im Bereich Design beschäftigt sich Christoph mit der Geschichte des Produktdesigns, Mosaiken und Fotografie.

### 1.2.2 Tony Belpaeme

Tony Belpaeme ist Professor an der Universität Gent, Belgien, und war zuvor Professor für Robotik und kognitive Systeme an der Universität Plymouth, Großbritannien. Er promovierte in künstlicher Intelligenz an der Vrije Universiteit Brussel (VUB). Ausgehend von der Prämisse, dass Intelligenz in sozialer Interaktion verwurzelt ist, versuchen Tony und sein Forschungsteam, die künstliche Intelligenz sozialer Roboter zu fördern. Dieser Ansatz führt zu einer Reihe an Ergebnissen, die von theoretischen Erkenntnissen bis zu praktischen Anwendungen reicht. Er ist an groß angelegten Projekten beteiligt, in denen untersucht wird, wie Roboter zur Unterstützung von Kindern in der Bildung eingesetzt werden können. Er untersucht, wie kurze Interaktionen mit Robotern zu langfristigen werden können und wie Roboter in der Therapie eingesetzt werden können.

### 1.2.3 Friederike Eyssel

Friederike Eyssel ist Professorin für Angewandte Sozialpsychologie und Geschlechterforschung am Zentrum für Kognitive Interaktionstechnologie der Universität Bielefeld. Friederike interessiert sich für verschiedene Forschungsthemen, die von sozialer Robotik, sozialen Agenten und Ambient Intelligenz bis hin zu Einstellungsänderungen, Vorurteilsabbau und der sexuellen Objektivierung von Frauen reichen. Friederike hat zahlreiche Publikationen in den Bereichen Sozialpsychologie, Human-Agent Interaction (HAI) und soziale Robotik veröffentlicht.

### 1.2.4 Takayuki Kanda

Takayuki Kanda ist Professor für Informatik an der Universität Kyoto, Japan. Außerdem ist er Gastgruppenleiter bei Advanced Telecommunications Research (ATR), Interaction Science Laboratories, Kyoto, Japan. Er erhielt seinen Bachelor in Ingenieurwesen, seinen Master in Ingenieurwesen und seinen Dokortitel in Informatik von der Universität Kyoto, in den Jahren 1998, 2000 bzw. 2003. Er ist eines der Gründungsmitglieder des Kommunikationsroboter-Projekts am Advanced Telecommunications Research (ATR) in Kyoto. Er hat den Kommunikationsroboter Robovie entwickelt und ihn in alltäglichen Situationen eingesetzt, z.B. als Nachhilfelehrer in einer Grundschule und Ausstellungsführer in einem Museum. Zu seinen Forschungsinteressen gehören Human Agent Interaction, interaktive humanoide Roboter und Feldversuche.

### 1.2.5 Merel Keijsers

Merel Keijsers ist Assistenzprofessorin für Psychologie an der John Cabot University in Rom. Sie hat einen Abschluss in Sozialpsychologie und Statistik und promovierte an der Universität Canterbury, über das Thema „Roboter-Mobbing“. In ihrer Doktorarbeit untersuchte sie, welche bewussten und unbewussten psychologischen Prozesse Menschen dazu veranlassen, Roboter zu missbrauchen und zu schikanieren. In jüngster Zeit interessiert sie sich dafür, wie Roboter beeinflussen, auf welche Art Menschen sich selbst sehen. Da sie aus dem Bereich der Sozialpsychologie kommt, interessiert sie sich vor allem für die Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Umgang von Menschen mit Robotern im Vergleich zu anderen Menschen.

### 1.2.6 Selma Šabanović

Selma Šabanović ist Professorin für Informatik und Kognitionswissenschaften an der Indiana University, Bloomington, USA, wo sie als Gründerin das R-House Human-Robot Interaction Lab leitet. Ihre Forschungsarbeit umfasst Studien zu Design, Nutzung und Folgen von sozial interaktiven und assistierenden Robotern in verschiedenen sozialen und kulturellen Kontexten, darunter Gesundheitseinrichtungen, Haushalten und verschiedene Länder. Sie befasst sich auch mit der kritischen Untersuchung der gesellschaftlichen Bedeutung und der potenziellen Auswirkungen der Entwicklung und des Einsatzes von Robotern in Kontext auf den Alltag. Sie promovierte 2007 in Wissenschafts- und Technologiestudien am Rensselaer Polytechnic Institute mit einer Dissertation über die kulturübergrei-

fende Untersuchung der sozialen Robotik in Japan und den Vereinigten Staaten. Von 2017 bis 2023 war sie Chefredakteurin der Zeitschrift *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*.

# 2

## Was ist Mensch-Roboter-Interaktion?



### Was in diesem Kapitel behandelt wird

- Akademische Disziplinen, die auf dem Gebiet der Mensch-Roboter-Interaktion (HRI) zusammenkommen.
- Barrieren, die durch die unterschiedlichen Paradigmen der Disziplinen entstehen, und wie man sie umgehen kann.
- Geschichte und Entwicklung der HRI als Wissenschaft.
- Wegweisende Roboter in der Geschichte der HRI.

*Die Interaktion zwischen Mensch und Roboter (Human-Robot Interaction, HRI) wird allgemein als ein neues und aufstrebendes Gebiet bezeichnet, die Idee der menschlichen Interaktion mit Robotern ist aber schon so alt wie die Idee der Roboter selbst. Isaac Asimov, der in den 1940er-Jahren den Begriff der „Robotik“ prägte, schrieb seine Geschichten um Fragen, welche die Beziehung zwischen Menschen und Robotern als Hauptteil der Analyse betrachten: „Wie sehr werden die Menschen Robotern vertrauen?“; „Welche Art von Beziehung kann ein Mensch zu einem Roboter haben?“; „Wie verändern sich unsere Vorstellungen davon, was menschlich ist, wenn wir Maschinen haben, die menschenähnliche Dinge in unserer Mitte tun?“ (siehe S. 315 für mehr über Asimov). Vor Jahrzehnten waren diese Ideen noch Science-Fiction, aber heute sind viele dieser Fragen real, in der heutigen Gesellschaft präsent und zu zentralen Forschungsfragen im Bereich der HRI geworden.*

Dieses Kapitel soll den Rahmen für das vorliegende Buch abstecken. Da die HRI ein überaus vielfältiges Gebiet ist, werden in Abschnitt 2.1 die Hauptthemen dieses Buches hervorgehoben und erläutert. Abschnitt 2.2 befasst sich mit dem interdisziplinären Charakter dieses Fachgebiets und dessen Konsequenzen für die Forschung und das Roboterdesign. Schließlich bietet Abschnitt 2.3 einen zeitlichen Ablauf der Entwicklung von (sozialen) Robotern und liefert einen Überblick über die in der HRI am häufigsten eingesetzten Roboter.



### Unterscheidung zwischen physischer und sozialer Interaktion

Die Robotik im Allgemeinen befasst sich traditionell mit der Entwicklung von physischen Robotern und der Art und Weise, wie diese Roboter die physische Welt beeinflussen. HRI ergänzt die Robotik und befasst sich mit der Vorgehensweise, wie Roboter mit Menschen als Teil ihrer sozialen Welt interagieren, und wie Menschen auf die Anwesenheit von Robotern reagieren. Wenn ein Roboter zum Beispiel eine Kiste in einem leeren Lagerhaus aufhebt oder ein Bürogebäude nach Feierabend reinigt, nimmt er die physische Welt wahr und handelt allein aufgrund der physikalischen Gegebenheiten seines eigenen Körpers und seiner Umgebung. Wenn der Roboter jedoch die Kiste zu einem Lagerarbeiter bringt, der sie mit den entsprechenden Materialien befüllen muss, oder einem Kunden in einem Café einen Kaffee serviert, oder mit Kindern in einem Innenhof Fangen spielt, muss er sich nicht nur mit den für diese Aktionen erforderlichen physischen Bewegungen auseinandersetzen, sondern auch mit den sozialen Aspekten seiner Umgebung. So muss er beispielsweise berücksichtigen, wo sich die Kinder, Kunden oder Büroangestellten aufhalten, wie er sich ihnen in einer Weise nähern kann, die sicher ist und die sie für angemessen halten, und wie er die entsprechenden sozialen Regeln der Interaktion befolgen kann. Solche sozialen Regeln, wie z. B. die Anwesenheit anderer anzuerkennen, oder zu wissen, wer bei einem Fangenspiel „dran“ ist, und mit „Gern geschehen“ zu antworten, wenn jemand „Danke“ sagt, mögen für Menschen selbstverständlich sein. Für einen Roboter sind all diese sozialen Regeln und Normen jedoch unbekannt und erfordern die Aufmerksamkeit des Roboterentwicklers. Dadurch werden in der HRI andere Fragen gestellt als in der Robotik.

Als Disziplin ist die HRI mit der Mensch-Computer-Interaktion (HCI), der Robotik, der künstlichen Intelligenz, der Technikphilosophie, der Psychologie und dem Design verbunden. Die in diesen Disziplinen sachkundigen Wissenschaftler haben gemeinsam an der Entwicklung von HRI gearbeitet und dabei Methoden und Strukturen aus ihren Heimatdisziplinen mitgebracht. Zudem haben sie neue Konzepte, Forschungsfragen und HRI-spezifische Wege zur Untersuchung und Entwicklung von Robotern, die mit Menschen interagieren, entwickelt.

Was macht HRI einzigartig? Im Mittelpunkt dieses Forschungsgebiets steht eindeutig die Interaktion von Menschen mit Robotern. Diese Interaktionen beinhalten in der Regel physisch verkörperte Roboter, und ihre Verkörperung unterscheidet sie von anderen Computertechnologien. Darüber hinaus werden soziale Roboter oft als soziale Akteure wahrgenommen, die eine kulturelle Bedeutung haben und einen starken Einfluss auf die heutige und zukünftige Gesellschaft ausüben. Wenn wir sagen, ein Roboter ist verkörpert, ist er kein Computer, der einfach auf Beinen oder Rädern steht. Stattdessen müssen wir verstehen, wie diese Verkörperung zu gestalten ist, sowohl in Bezug auf Software und Hardware, wie es in der Robotik üblich ist, als auch in Bezug auf ihre Auswirkung auf die Menschen und die Art von Interaktion, die sie mit einem solchen Roboter haben können.



Die Verkörperung eines Roboters setzt zwar physische Beschränkungen für die Art und Weise, wie er die Welt wahrnehmen und in ihr agieren kann, aber sie schafft auch Möglichkeiten für die Interaktion mit Menschen. Die physische Beschaffenheit des Roboters veranlasst Menschen dazu, auf ähnliche Weise auf den Roboter zu reagieren, wie sie mit Menschen interagieren. Wenn ein Roboter Augen hat, gehen die Menschen davon aus, dass der Roboter sie sehen kann. Wenn der Roboter einen Mund hat, wird davon ausgegangen, dass er sprechen kann. Menschen können durch Ähnlichkeit des Roboters zu ihnen, ihre Erfahrungen von zwischenmenschlicher Interaktion nutzen, um die Interaktion zwischen Mensch und Roboter zu verstehen und daran teilzunehmen. Diese Erfahrungen können sehr nützlich sein, um eine Interaktion zu gestalten, aber sie können auch zu Frustration führen, wenn der Roboter den Erwartungen der Nutzer nicht gerecht werden kann (dies wird in Kapitel 8 näher erläutert).

HRI konzentriert sich auf die Entwicklung von Robotern, die mit Menschen in verschiedenen Alltagsumgebungen interagieren können. Dies führt zu technischen Herausforderungen, die sich aus der Dynamik und Komplexität des Menschen und des sozialen Umfelds ergeben. Dadurch entstehen auch neue Herausforderungen für die Gestaltung des Aussehens, Verhaltens und der Wahrnehmungsfähigkeiten von Robotern, um die Interaktion anzuregen und zu steuern. Aus psychologischer Sicht bietet HRI die einzigartige Möglichkeit, menschliches Wirken, Wahrnehmungen und Verhalten zu untersuchen, wenn sie mit anderen sozialen Agenten als Menschen in Kontakt kommen. Soziale Roboter können in diesem Zusammenhang als Forschungsinstrumente für die Untersuchung psychologischer Mechanismen und Theorien dienen.

Schon bei der ersten Erwähnung des Begriffs „Roboter“ in Karel Čapeks Stück *Rossums Universal Robots* konzentrierte sich unsere Vision des idealen Roboters auf die Nachahmung menschenähnlicher Fähigkeiten, die oft durch eine humanoide Form repräsentiert werden, entweder als ganzer Körper wie bei Hondas Asimo (siehe Bild 2.1) oder in Teilen, wie bei den Roboterarmen oder ihrer eher anthropomorphen Darstellung bei den Sawyer-Robotern. Wenn wir uns den aktuellen Stand der Technik im Bereich der Mensch-Roboter-Interaktion ansehen, erkennen wir jedoch, dass die Verkörperungen von Robotern deutlich vielfältiger sind: Kugelförmige Roboter können herumrollen und mit Kindern interagieren (z. B. Sphero, Roball), Roboter können in der Luft fliegen (z. B. Drohnen), oder unter Wasser gehen (z. B. OceanOneK), Roboter, die Tiere imitieren und so tierähnliche Interaktionen mit Menschen fördern (z. B. Paro), oder sogar mit ihren biologischen Gegenständen in der Natur interagieren können (z. B. Eichhörnchen-Roboter) und Roboter, die wie Gegenstände (z. B. Koffer, Mülleimer, Kisten) oder alltägliche Geräte wie Busse und Autos sowie viele andere Formen aussehen. Das Spannende an der HRI ist, dass sie unsere Vorstellungen davon, wie Roboter und unsere Interaktionen mit ihnen aussehen könnten, über die bekannten anthropomorphen Vorstellungen hinaus erweitern kann.

**Bild 2.1**

Honda hat den Roboter Asimo von 2000 bis 2018 entwickelt (Quelle: Honda)

Wenn Roboter nicht nur Werkzeuge, sondern auch Co-Worker, Begleiter, Tutoren und andere Arten von sozialen Interaktionspartnern sind, wirft ihre Untersuchung und Gestaltung als Teil der HRI viele verschiedene Fragen über zwischenmenschliche Beziehungen und gesellschaftliche Entwicklung sowohl in der Gegenwart als auch in der Zukunft auf. Die HRI-Forschung befasst sich mit Fragen der sozialen und physischen Gestaltung von Technologien sowie mit der gesellschaftlichen und organisatorischen Umsetzung und der kulturellen Sinnggebung auf eine Art, die sich von verwandten Disziplinen unterscheidet.

## ■ 2.1 Der Schwerpunkt dieses Buches

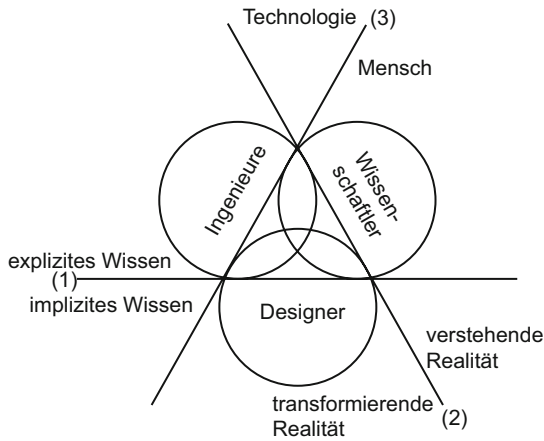
HRI ist ein großes, multidisziplinäres Gebiet, und dieses Buch liefert einen ersten Einstieg in die damit verbundenen Probleme, Prozesse und Lösungen. Dieses Buch ermöglicht es dem Leser, sich einen Überblick über das Gebiet zu verschaffen, ohne von der Komplexität all der Herausforderungen, mit denen wir konfrontiert sind, überwältigt zu werden, auch wenn wir Hinweise auf einschlägige Literatur geben, die der interessierte Leser in Ruhe recherchieren kann. Dieses Buch bietet eine dringend benötigte Einführung in das Gebiet, mit dem Ziel, dass sich Studenten, Wissenschaftler, Praktiker und politische Entscheidungsträger mit der Zukunft der Interaktion zwischen Mensch und Technik vertraut machen können. Als

Einführung setzt dieses Buch keine weitreichenden Kenntnisse in einem der verwandten Bereiche voraus. Es erfordert lediglich die Neugier des Lesers, wie Menschen und Roboter miteinander interagieren können und sollten.

Nach einer Einführung in den Bereich der HRI und in die prinzipielle Funktionsweise eines Roboters konzentrieren wir uns auf das Design von Robotern. Als Nächstes befassen wir uns mit den verschiedenen Interaktionsmodalitäten, über die Menschen mit Robotern interagieren können, wie z. B. durch Sprache oder Gesten. Wir überlegen auch, wie wir verstehen und untersuchen können, wie Menschen Roboter wahrnehmen. Die Verarbeitung und Kommunikation von Emotionen ist die nächste Herausforderung, bevor wir uns mit der Rolle von Robotern in den Medien beschäftigen. Das Kapitel über Forschungsmethoden führt in die speziellen Probleme ein, mit denen Forscher bei der Durchführung empirischer Studien über die Interaktion von Menschen mit Robotern konfrontiert sind. Anschließend werden die Anwendungsbereiche sozialer Roboter und ihre spezifischen Herausforderungen behandelt, bevor weitergehende gesellschaftliche und ethische Fragen im Zusammenhang mit dem Einsatz sozialer Roboter erörtert werden. Das Buch schließt mit einem Blick in die Zukunft der HRI.

## ■ 2.2 HRI als interdisziplinäres Unterfangen

HRI ist von Natur aus und zwangsläufig ein multidisziplinäres und problembezogenes Gebiet. HRI bringt Wissenschaftler und Praktiker aus verschiedenen Bereichen zusammen: Ingenieure, Psychologen, Designer, Anthropologen, Soziologen und Philosophen, gemeinsam mit Wissenschaftlern aus weiteren Anwendungs- und Forschungsbereichen. Die Entwicklung einer erfolgreichen Mensch-Roboter-Interaktion erfordert die Zusammenarbeit verschiedener Fachrichtungen, etwa um die Robotik-Hardware und -Software zu entwickeln, das Verhalten von Menschen bei der Interaktion mit Robotern in verschiedenen sozialen Kontexten zu analysieren und um die Ästhetik der Verkörperung und Verhaltens des Roboters sowie das erforderliche Fachwissen für bestimmte Anwendungen zu schaffen. Diese Zusammenarbeit kann sich aufgrund der unterschiedlichen Fachjargons und der verschiedenen Forschungspraktiken und Arbeitsweisen schwierig gestalten. Was alle Akteure jedoch verbindet, ist die ausgeprägte Motivation, sich mit den verschiedenen Arten des Wissenserwerbs vertraut zu machen und diese zu respektieren. In diesem multidisziplinären Sinne ähnelt HRI dem Bereich der Mensch-Computer-Interaktion (HCI), wobei sich HRI durch Beschäftigung mit verkörperten Interaktionen mit intelligenten Agenten in verschiedenen sozialen Kontexten von HCI unterscheidet.

**Bild 2.2**

HRI bedient sich mehrerer Disziplinen, zwischen denen es oft Barrieren gibt

Die verschiedenen Disziplinen, die einen Beitrag zur HRI leisten, unterscheiden sich voneinander in Bezug auf ihre gemeinsamen Überzeugungen, Werte, Modelle und Vorbilder (Bartneck und Rauterberg, 2007). Diese Aspekte bilden ein „Paradigma“, welches die Gemeinschaft der Theoretiker und Praktiker leitet (Kuhn, 1970). Forscher innerhalb eines Paradigmas haben gemeinsame Überzeugungen, Werte und Vorbilder. Eine Möglichkeit, die Schwierigkeiten bei der Zusammenarbeit an einem gemeinsamen Projekt zu verstehen, besteht in drei Barrieren (siehe Bild 2.2), die zwischen Designern [D], Ingenieuren [I] und Wissenschaftlern (insbesondere Sozialwissenschaftlern) [W] auftreten können:

1. Wissensdarstellung (explizit [W, I] versus implizit [D]),
2. Sicht auf die Realität (Verstehen [W] versus Umgestaltung der Realität [D, I]),
3. Schwerpunkt (Technologie [I] versus Mensch [D, W]).

Barriere 1: Ingenieure [I] und Wissenschaftler [W] machen ihre Ergebnisse explizit, indem sie den aktuellen Wissensstand in Fachzeitschriften, Büchern und Konferenzberichten veröffentlichen und beschreiben oder Patente anmelden. Durch Diskussionen und Austausch unter Fachleuten wird diese Forschung optimiert und weiter vorangetrieben. Die Ergebnisse der Designer [D] hingegen werden hauptsächlich durch ihre konkreten Entwürfe dargestellt. Das für die Erstellung dieser Entwürfe erforderliche Designwissen liegt beim einzelnen Designer vor allem als implizites Wissen vor, das oft als Intuition bezeichnet und der Gemeinschaft in Form allgemeiner Grundsätze beschrieben wird.

Barriere 2: Ingenieure [I] und Designer [D] formen die Welt in bevorzugte Zustände um (Simon, 1996; Vincenti, 1990). Sie überlegen zunächst, wie ein bestimmter Zustand der Welt erreicht werden kann, beispielsweise wie man zwei Ufer eines Flusses verbinden könnte. Anschließend setzen sie eine Veränderung um, etwa durch den Bau einer Brücke. Wissenschaftler [W] versuchen in erster Linie, die

Welt durch das Streben nach Wissen über allgemeine Wahrheiten oder die Funktionsweise allgemeiner Gesetze zu verstehen. Vorschläge für Eingriffe und Veränderungen können zwar aus der wissenschaftlichen Arbeit abgeleitet werden, liegen aber oft außerhalb der Zuständigkeit der wissenschaftlichen Arbeit selbst.

Barriere 3: Wissenschaftler [W] und Designer [D] interessieren sich in erster Linie für den Menschen in seiner Rolle als möglicher Nutzer. Designer interessieren sich für die Werte, die für potenzielle Endnutzer von Robotern bedeutsam sein könnten. Diese werden dann als Anforderungen an den Roboter definiert und in eine technische Lösung überführt. Wissenschaftler in der HCI-Community werden typischerweise mit den Sozial- oder Kognitionswissenschaften in Verbindung gebracht. Sie interessieren sich für die Fähigkeiten und Verhaltensweisen der Nutzer wie Wahrnehmung, Kognition und Handlung sowie für die Art und Weise, wie diese Faktoren durch die verschiedenen Kontexte, in denen sie auftreten, beeinflusst werden. Ingenieure [I] interessieren sich hauptsächlich für Technik, einschließlich Software für interaktive Systeme. Sie untersuchen die Struktur und die Funktionsprinzipien dieser technischen Systeme, um bestimmte Probleme zu lösen.

Ist man sich dieser disziplinären Unterschiede bewusst, bevor man ein HRI-Projekt in Angriff nimmt, kann dies zu einer fruchtbaren Zusammenarbeit beitragen, bei der die verschiedenen Arten von Wissen und Praktiken der verschiedenen Disziplinen berücksichtigt werden. Es ist klar, dass ein HRI-Projekt Fachwissen aus verschiedensten Disziplinen erfordern kann, aber nicht jedes HRI-Projekt kann es sich leisten, Spezialisten aus all diesen Disziplinen zu beschäftigen. Viele Projekte werden auch Personen aus anderen Disziplinen, wie z. B. Ethiker oder Bildungsforscher, und aus Anwendungsbereichen, wie z. B. Mediziner oder Pädagogen, einbeziehen müssen. HRI-Forscher müssen bereit sein, sich Fachwissen in einer Vielzahl von Bereichen anzueignen. So müssen zwar keine Brücken zu Kollegen anderer Disziplinen geschlagen und ein gemeinsamer Nenner gefunden werden, jedoch ist dieses Vorgehen auch recht einschränkend. Dies liegt daran, dass wir oft eben nicht wissen, was wir nicht wissen. Daher ist es wichtig, sich entweder mit allen oder vielen der beteiligten Disziplinen direkt zu befassen oder sich zumindest mit Fachleuten aus den jeweiligen Bereichen auszutauschen. In dem Maße, in dem das Feld der HRI wächst und reift, erweitert es sich auch um immer mehr unterschiedliche Disziplinen (z. B. Geschichte oder Kunst), Rahmen und Methoden, was einen noch umfangreicheren Wissensbedarf zur Folge haben kann. In diesem Fall sollten Sie sich angewöhnen, nicht nur in Ihrer eigenen Disziplin oder Ihrem Teilbereich der HRI, sondern auch in verwandten Bereichen Literatur zu lesen, um zu verstehen, wie Ihre eigene Arbeit in das Gesamtbild bestehender Forschung passt. Bei der Entwicklung spezifischer HRI-Anwendungen ist es außerdem von entscheidender Bedeutung, von Beginn des Projekts an mit Fachleuten aus dem Bereich, einschließlich potenziellen Nutzern und Interessenvertretern, zusammenzuarbeiten, um sicherzustellen, dass relevante Fragen gestellt werden, geeignete

Methoden verwendet werden und man sich der potenziellen weiterreichenden Folgen der Forschung für den Anwendungsbereich bewusst ist.



**Bild 2.3**

Der Roboter Mirokai von Enchanted Tools, Frankreich. Er kombiniert omnidirektionale Navigation mit zwei Roboterarmen und einem rückprojizierten Gesicht (Quelle: Enchanted Robots)

## ■ 2.3 Die Entwicklung von sozialen Robotern und HRI

Das Konzept des „Roboters“ hat eine lange und reiche Geschichte in der kulturellen Vorstellungskraft vieler verschiedener Gesellschaften, die Tausende von Jahren zurückreicht, bis hin zu Erzählungen über menschenähnliche Maschinen, der späteren Entwicklung von Automaten, die bestimmte menschliche Fähigkeiten nachahmen, und neueren Science-Fiction-Erzählungen über Roboter in der Gesellschaft. Auch wenn diese kulturellen Vorstellungen von Robotern nicht immer technisch realistisch sind, prägen sie jedoch die Vorstellungen der Menschen von und ihre Reaktionen auf Roboter.

Seit dem Auftauchen des Begriffs „Roboter“, zunächst in der Literatur und später als reale Maschinen, haben wir über die Beziehung zwischen Robotern und Menschen nachgedacht und darüber, wie sie miteinander interagieren könnten. Jede neue technologische oder konzeptionelle Entwicklung in der Robotik hat uns gezwungen, unsere Beziehung zu Robotern und unsere Wahrnehmung von ihnen zu überdenken.