

Mensch-Roboter-Interaktion im Baumarkt – Formative Evaluation eines mobilen Shopping-Roboters

Sandra Pöschl, Nicola Döring

Institut für Medien- und Kommunikationswissenschaft, TU Ilmenau

Hans-Joachim Böhme

Berufungsgebiet Künstliche Intelligenz, HTW Dresden¹

Christian Martin

MetraLabs Neue Technologien und Systeme GmbH, Robotics Division, Ilmenau

Zusammenfassung: Vor dem Hintergrund des aktuellen Entwicklungs- und Forschungsstandes zu Shopping-Robotern befasst sich die vorgestellte Studie mit der formativen Evaluation eines mobilen Shopping-Roboters für Baumärkte. In der ersten Phase des Projektes wurde der Roboter mittels *Usability*-Tests, offenen Feldbeobachtungen und mündlichen Interviews hinsichtlich einer angemessenen Mensch-Roboter-Interaktion mit $n = 39$ Probanden untersucht und optimiert. Technische Fehlfunktionen konnten aufgedeckt und behoben werden. Die Sprachausgabe des Roboters, seine Mobilität sowie seine Interaktion mit Menschen wurden größtenteils als angemessen erlebt. In der zweiten Projektphase wurden die Akzeptanz nach dem *Technology Acceptance Model* (insbesondere die wahrgenommene Nützlichkeit) und der Spaßfaktor bei der Nutzung, *Joy of Use*, des optimierten Shopping-Roboters im Feld durch verdeckte Beobachtungen sowie anhand mündlicher Interviews mit $n = 237$ Baumarkt-Kund(inn)en geprüft. Der Roboter wurde im Allgemeinen als nützlich und Spaß bringend erlebt. Die Akzeptanz bei Nutzer(inne)n, Nicht-Nutzer(inne)n und Personen, die die Nutzung abgebrochen hatten, war hoch.

1. Einleitung

Die toom BauMarkt GmbH setzt seit 2008 mobile Shopping-Roboter in ausgewählten Filialen ein. Diese Service-Roboter sollen den Kundinnen und Kunden dabei helfen, die von ihnen gesuchten Produkte im weitläufigen Markt schnell zu finden. Dazu erfasst der Roboter zunächst, welche Artikel gesucht werden, und führt die Kund(inn)en anschließend zum Artikelstandort; bei Bedarf vermittelt er auch Produktinformationen. In der vorliegenden Evaluationsstudie geht es darum, die *Mensch-Roboter-Interaktion* dieser Roboter im Feld zu untersuchen und zu verbessern. Die erste Phase der hier vorgestellten Studie konzentriert sich auf die *Usability* (Gebrauchstauglichkeit) des Roboters, die zweite Phase auf die Akzeptanz (zukünftige Nutzungsbereitschaft), die wahrgenommene Nützlichkeit und den *Joy of Use* (Spaßfaktor bei der Systemnutzung) aus Sicht der Baumarkt-Kund(inn)en².

¹ Prof. Dr. Hans-Joachim Böhme war bis zum 30.09.2008 im Fachgebiet Neuroinformatik/Kognitive Robotik der TU Ilmenau tätig.

² Für ihre Mithilfe bei der Organisation, Durchführung und Auswertung der Studie bedanken sich die Autorinnen und Autoren bei Yvonne Ludewig, Jenny Reichenbacher, Uwe

2. Entwicklungs- und Forschungsstand zu Shopping-Robotern

2.1 Service-Roboter

Shopping-Roboter werden in die Gruppe der Service-Roboter eingeordnet. Von den in der industriellen Fertigung seit den 1960er Jahren eingesetzten Industrie-Robotern unterscheiden sich die so genannten Service-Roboter grundsätzlich:

„Ein Serviceroboter ist eine frei programmierbare Bewegungseinrichtung, die teil- oder vollautomatisch Dienstleistungen verrichtet. Dienstleistungen sind dabei Tätigkeiten, die nicht der direkten industriellen Erzeugung von Sachgütern, sondern der Verrichtung von Leistungen für Menschen und Einrichtungen dienen“ (Schraft/Hägele/Wegener 2004: 9).

Viele Service-Roboter sind *mobil*, d.h. sie verfügen über Sensoren und Aktoren, die es ihnen erlauben, sich eigenständig in der Umgebung zu bewegen. So genannte *professionelle Service-Roboter* werden von Expert(inn)en genutzt, etwa im Bereich der Raumfahrt oder Medizin (z.B. Mars-Roboter, Operations-Roboter). *Persönliche Service-Roboter* dagegen verrichten Dienstleistungen für Laien und fungieren z.B. als Guides in Museen, als Helfer im Haushalt oder als Assistenten beim Einkaufen (für eine ausführlichere Darstellung des Entwicklungs- und Forschungsstandes siehe Ichbiah 2005; Schraft/Hägele/Wegener 2004; Thrun 2004).

Für die Akzeptanz persönlicher Service-Roboter, die mit beliebigen Personen interagieren müssen, spielt die *Mensch-Roboter-Interaktion* eine zentrale Rolle. Je besser es gelingt, den Service-Roboter mit Verhaltensweisen auszustatten, die die Benutzer(innen) auch von menschlichen Interaktionspartner(inne)n kennen, desto weniger Bedienprobleme und „Berührungsängste“ sind zu erwarten (vgl. Böhme et al. 2002). Ein wichtiges Ziel bei der Entwicklung von persönlichen Service-Robotern liegt also darin, eine einfache Benutzung in Verbindung mit einem möglichst menschenähnlichen und dadurch für die Nutzer(innen) intuitiv verständlichen Gesamtverhalten solcher Systeme sicher zu stellen (vgl. Powers 2008).

Roboter haben eine nicht zu vernachlässigende ökonomische Dimension: Ende 2006 waren weltweit 951.000 Industrie-Roboter und 40.000 professionelle Service-Roboter im Einsatz. Darüber hinaus wurden mehr als 3,5 Millionen persönliche Service-Roboter verkauft, dabei handelte es sich vorrangig um Haushaltsroboter in der Art des autonom agierenden Staubsauger-Roboters *Roomba* (von iRobot, vgl. Ichbiah 2005) oder des Rasenmäher-Roboters *Robomow* (von Friendly Robotics, vgl. Quennet 2008) sowie Unterhaltungs-, Spiele- und Lern-Roboter (vgl. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)/International Federation of Robotics (IRF) 2007).

Persönliche Service-Roboter bilden ein schnell wachsendes Segment des Roboter-Marktes. Prognosen der International Federation of Robotics gehen davon aus, dass der Verkauf von persönlichen Service-Robotern für den Haushalt bis zum Jahr 2010 um weitere 1,2 Millionen anwachsen wird. Im gleichen Zeitraum sollen 2,2

Millionen Unterhaltungs-, Spiele- und Lern-Roboter dazu kommen (vgl. UNECE/IRF 2007). Der hier betrachtete persönliche Shopping-Roboter ist nicht für den ‚Hausgebrauch‘ gedacht, sondern für den Einsatz in Geschäften mit viel Publikumsverkehr, wo er mit zahlreichen unterschiedlichen Kunden und Kundinnen ‚persönlich‘ in Kontakt tritt.

2.2 Shopping-Roboter

In unserer Konsumgesellschaft gehört Einkaufen teilweise zu den Freizeitvergnügungen (‚shoppen gehen‘), gleichzeitig ist es aber auch lästige und zeitaufwendige Pflicht, insbesondere wenn es um Güter des täglichen Bedarfs geht. Im Zuge der allgemeinen Mediatisierung unseres Alltags werden immer mehr computergestützte Shopping-Helfer entwickelt: So stehen im *Internet* diverse *Online-Shoppingdienste* (z.B. Preissuchmaschinen wie www.billiger.de oder Online-Bestelldienste wie www.amazon.com) zur Verfügung. Zudem kann man auf *Shopping-Assistenzsysteme für portable Endgeräte* wie Handys, Pocket- oder Tablet-PCs zurückgreifen, die Kund(inn)en während des Einkaufens Informations- und Beratungsfunktionen bieten (Sonderangebote, Preisvergleiche, Ernährungsberatung etc.; vgl. Cumby et al. 2005; Menczer et al. 2002; Shekar/Nair/Helal 2003; Stahl et al. 2005). Technisch noch aufwendiger sind *Shopping-Roboter*, also ‚verkörperte‘ und zur Eigenbewegung fähige computergestützte Einkaufshelfer (siehe Böhme et al. 2006).

Durch die Implementierung geeigneter Software kann ein Shopping-Roboter die Funktionen eines Shopping-Assistenten erfüllen, aber gleichzeitig in seiner physischen Umgebung agieren und interagieren. Durch seine Mobilität kann ein solcher Roboter selbstständig den Kontakt zu potenziellen Nutzerinnen und Nutzern aufnehmen, indem er auf sie zufährt, und diese in weitläufigen Geschäften oder sogar Einkaufszentren mittels seiner Such- und Navigationsfunktion zum Standort des gesuchten Artikels führt.

Überraschenderweise werden Service-Roboter speziell als Einkaufshilfen bisher eher selten entwickelt. Sie richten sich teilweise an besondere Zielgruppen, teilweise an die breite Kundschaft:

- Der *Robotic Guide ‚dog‘ (RG)* von Vladimir Kulyukin von der Utah State University kann mittels Spracheingabe instruiert werden, sehbeeinträchtigte Nutzer(innen) zum Standort eines gesuchten Artikels zu leiten. Seine Funktion ist grob an die eines Blindenhundes angelehnt, auch wenn der Roboter selbst keine hundeähnliche Gestalt hat. Mittels einer implementierten Sprachausgabe teilt der Roboter den Kund(inn)en mit, wenn das Ziel erreicht ist. Um auch hier sicherzustellen, dass die Nutzer(innen) das richtige Produkt aus dem Regal gegriffen haben, können sie zusätzlich dessen Bar-Code mit Hilfe des Roboters einlesen und sich Produktinformationen ausgeben lassen (vgl. Burrell 2005).
- Beim *RoboCart* handelt es sich um einen Roboter-Einkaufswagen für sehbehinderte Menschen. Dieser wird in einem intelligenten Supermarkt eingesetzt, dessen Regale, ähnlich wie im „Extra Future Store“ der Metro AG (vgl.

Strüker/Sackmann 2004), mit RFID-Chips³ ausgestattet sind. Auf diese Weise kann RoboCart selbstständig durch den Supermarkt navigieren, seine Nutzer(innen) zu den gesuchten Artikelstandorten führen und darüber hinaus noch ihre Einkäufe transportieren (vgl. Gharpure/Kulyukin/Kutiyanawala 2006; Kulyukin/Gharpure 2006a, 2006b; Kulyukin/Gharpure/Pentico 2007).

- NTT Com und tmsuk (vgl. Impress Corporation 2006; RFID in Japan 2006) entwickelten in einem Kooperationsprojekt ebenfalls zwei RFID-gesteuerte Shopping-Roboter. Diese sind allerdings nicht auf eine spezielle Zielgruppe zugeschnitten, sondern ganz allgemein für nicht geschulte Nutzer(innen) gedacht. Sie wurden im Februar 2006 einem ersten Praxistest in einem Einkaufszentrum in Fukuoka in Japan unterzogen. Einer der Roboter (genannt *T12-1* oder *Kul*) begleitete die Kund(inn)en durch das Einkaufszentrum. Über einen Touchscreen konnte ein gesuchtes Geschäft eingegeben werden, woran sich eine Lotsenfahrt durch das Zentrum anschloss. Nach Erreichen des Zielortes wurden von Kul zusätzliche Informationen über das Geschäft angezeigt. Ergänzend konnten über RFID-Chips an einzelnen Artikeln Produktinformationen abgerufen werden. *Luk* (oder *T12-2*) bot die gleichen Dienstleistungen an, allerdings konnte er von den Kund(inn)en von zu Hause aus, mittels einer Fernsteuerung über das Internet, bedient werden.
- Die Arbeitsgruppe um Tetsuo Tomizawa vom National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) in Japan widmet sich der Entwicklung eines Shopping-Roboters, der es den Kund(inn)en möglich machen soll, ferngesteuert Lebensmittel, insbesondere frisches Gemüse und Obst, einzukaufen. Der im Supermarkt stationierte Roboter verfügt über einen speziellen Greifarm und ist über das Internet mit den Nutzer(inne)n verbunden. Das Besondere an diesem ferngesteuerten Shopping-Roboter ist, dass dieser nach Auffinden des gesuchten Produktes ein aktuelles Bild an den Nutzer (die Nutzerin) sendet, um ihm (ihr) die Auswahl einer bestimmten Frucht zu ermöglichen. Die besondere Herausforderung lag bei diesem Roboter in der Entwicklung des Greifapparats, der es möglich macht, auch frische Früchte oder Gemüsesorten unbeschädigt aufzunehmen und in den Einkaufskorb zu legen (vgl. Tomizawa/Ohya/Yuta 2006; Tomizawa et al. 2007).
- Fujitsu entwickelte den Roboter *enon*, um Menschen in Büro- und kommerziellen Umgebungen bei ihrer Arbeit zu unterstützen. Dieser Roboter wurde 2005 und 2006 in einem japanischen Einkaufszentrum einem Feldtest unterzogen. Er half den Kund(inn)en bei ihren Einkäufen, transportierte gekaufte Waren und war in der Lage, die Nutzer(innen) zu unterschiedlichen Orten wie beispielsweise Raucherarealen zu führen (vgl. Burns 2006).
- Gross und Böhme (vgl. Böhme et al. 2006; Gross/Böhme 2000; Gross et al. 2000) entwickeln mit ihrer Arbeitsgruppe im Rahmen des Projektes

³ RFID (Radio Frequency Identification): Identifikation mittels elektromagnetischer Wellen. RFID-Chips (Funketiketten) sind in verschiedenen Varianten mit unterschiedlichen Eigenschaften erhältlich. So können darauf beispielsweise Algorithmen zur Kollisionsvermeidung oder zur Orientierung von eigenständig mobilen Systemen wie Service-Robotern integriert sein (vgl. Schiller 2003).

SERROKON (SERvice Roboter KONzeption) den *mobilen Shopping-Roboter SCITOS* (Arbeitstitel), der Kund(inn)en im Baumarkt bei der Suche nach Produkten helfen soll. Dieser ist Gegenstand der vorliegenden Evaluation und wird in Abschnitt 3.1 detailliert vorgestellt.

2.3 Evaluationsstudien zu Shopping-Robotern

Die bislang entwickelten Shopping-Roboter haben den Status von Prototypen. Obwohl sie funktionsfähig sind, ist ihre Marktreife (der Zustand der Ausgereiftheit eines Produktes, indem es den Kundenanforderungen in seiner Qualität gerecht und somit für den Verkauf freigegeben wird) häufig noch nicht erreicht. Sie werden bislang noch nicht routinemäßig in der Praxis eingesetzt. Insgesamt erscheint die Entwicklung der Shopping-Roboter als sehr stark technikgetrieben (vgl. Powers 2008). Entsprechend wird die Einkaufssituation von technikwissenschaftlicher Seite häufig als eine Möglichkeit angesehen, zahlreiche Herausforderungen an das technische System zu testen: Ein mobiler Shopping-Roboter muss sich in einem Geschäft orientieren können, Hindernisse umfahren und Kund(inn)en erkennen. Dies bedeutet, dass sowohl Orientierungs- als auch Navigationssysteme und natürlich das Personen-Tracking, das integrierte System zur Erkennung von Nutzer(inne)n, optimiert und an eine komplexe Umgebung angepasst werden müssen. Die Erkenntnisse, die aus diesem speziellen Teil der Service-Robotik gewonnen werden können, sind durchaus auch für andere Anwendungsbereiche der Robotik wertvoll, beispielsweise für den Einsatz von Robotern als Museumsführer oder als Transportsysteme im Krankenhaus.

Abgesehen von den technischen Entwicklungsherausforderungen sind aus sozialwissenschaftlicher Perspektive – und damit auch aus *Nutzer(innen)-Sicht* – andere Fragen relevant: Die wahrgenommene Nützlichkeit der Shopping-Roboter, deren *Usability* (Gebrauchstauglichkeit) und auch *Joy of Use* (Freude bei der Nutzung eines Systems) spielen eine wichtige Rolle. Die meisten Shopping-Assistenz-Systeme, die beispielsweise zum Teil einfach auf einem Handy oder einem PDA installiert werden können – wie iGrocer (vgl. Shekar/Nair/Helal 2003) oder den Personal Shopping Assistant PSA der METRO AG (vgl. Strüker/Sackmann 2004) – bieten teilweise ähnliche Funktionen wie Shopping-Roboter, sind dabei aber sehr viel vertrauter und kostengünstiger. Umso wichtiger ist es, aus Kund(inn)en-Sicht den *Zusatz-Nutzen beziehungsweise den Mehrwert* eines mobilen Shopping-Roboters herauszuarbeiten. Entsprechende Evaluationsstudien mit breiten Zielgruppen ungeschulter Nutzer(innen) stehen in weiten Teilen noch aus. Erste Evaluationsstudien liegen für Roboter vor, die speziell für blinde und sehbehinderte Menschen entwickelt wurden. Außerdem finden sich Dokumentationen von ersten Feldversuchen mit Shopping-Robotern, die *Usability-Aspekte* in den Vordergrund stellen (vgl. Abschnitt 2.2). Entsprechende wissenschaftliche Evaluationsberichte sind allerdings noch nicht publiziert. Ebenso fehlt es dem Phänomen des *Joy of Use* von Robotern an empirischer Untermauerung.

Nicht vergessen werden darf – neben technischen und sozialen Dimensionen – der *ökonomische* Aspekt der Entwicklung und Implementierung von Shopping-Robotern. Auch wenn die sehr kostenintensive Entwicklung eines Prototyps häufig

durch Forschungsgelder gefördert wird, ist deren Einführung in die Praxis letztlich an entsprechende Geschäftsmodelle gebunden. Die dauerhafte Implementierung eines Shopping-Roboters lohnt sich nur, wenn der wirtschaftliche Nutzen und der Mehrwert, den dieses System darstellt, die Produktions-, Anschaffungs- und Wartungskosten überwiegen. Der in dieser Studie evaluierte Shopping-Roboter befand sich während der Durchführung der Studie noch in der Entwicklung. Entsprechend handelte es sich um eine formative Evaluation, um die *Usability* der Plattform zu verbessern. Darüber hinaus wurde die Akzeptanz des Systems untersucht. Eine ökonomische Evaluation des Roboters steht noch aus und soll am fertiggestellten System vorgenommen werden (vgl. Abschnitt 7).

3. Forschungsfragen

Gegenstand der vorliegenden Evaluationsstudie war der Shopping-Roboter *SCITOS* (Abschnitt 3.1). Die Studie verfolgte zwei Ziele. Zum einen sollte der Roboter von Entwickler(innen)seite hinsichtlich seiner Mensch-Roboter-Interaktion für die Marktreife und den Alltagseinsatz optimiert werden. Zum anderen sollte vonseiten des Industriepartners die Akzeptanz des Systems auf Kund(inn)enseite vor der Markteinführung überprüft werden. Um beide Vorhaben adäquat umsetzen zu können, wurde das Projekt in zwei Evaluationsphasen mit unterschiedlichen Schwerpunkten aufgeteilt.

In der ersten Phase wurde eine formative Evaluation durchgeführt, um eine erfolgreiche Mensch-Roboter-Interaktion im Baumarkt zu fördern und mögliche Hemmnisse und Probleme aufseiten des Roboters zu beseitigen. Es ergaben sich folgende Forschungsfragen:

- Entspricht die Mensch-Roboter-Interaktion den Bedürfnissen und Anforderungen der Nutzer und Nutzerinnen?
- Wie kann die Mensch-Roboter-Interaktion verbessert werden?

In der zweiten Untersuchungsphase standen die Akzeptanz, die wahrgenommene Nützlichkeit des Shopping-Roboters und der *Joy of Use* aus Sicht der Baumarktkund(inn)en im Zentrum des Erkenntnisinteresses. Darüber hinaus wurde nochmals die *Usability* des Shopping-Roboters hinsichtlich seiner Mensch-Roboter-Interaktion und einer weiteren, in der Zwischenzeit implementierten Funktion des Roboters formativ evaluiert. Bei der zusätzlichen Funktion handelte es sich um einen telepräsenten Fachberater, der am Roboter selbst, auf Wunsch des Kunden (der Kundin) per Videokonferenz zugeschaltet werden konnte. Das erneute Testen der *Usability* sollte noch verbleibende Fehlfunktionen und Verbesserungsmöglichkeiten aufdecken, um diese zu beheben, bevor der Roboter in kleiner Serie produziert werden sollte. Es ergaben sich folgende Forschungsfragen:

- Wird der Shopping-Roboter von den Kunden und Kundinnen als Einkaufsassistent akzeptiert?
- Empfinden die Kunden und Kundinnen den Roboter als nützlich?
- Haben die Kunden und Kundinnen bei der Nutzung des Roboters Freude, macht ihnen die Nutzung Spaß?

- Entspricht die Mensch-Roboter-Interaktion den Bedürfnissen und Anforderungen der Nutzer(innen) und wie kann sie weiter verbessert werden?

3.1 Evaluationsgegenstand

Die Service-Roboter-Plattform *SCITOS* (siehe Abb. 1) ist eine Entwicklung des Fachgebiets Neuroinformatik/Kognitive Robotik der Technischen Universität Ilmenau (vgl. Gross/Böhme 2000; Gross et al. 2000), die das Ergebnis einer Kooperation mit der MetraLabs GmbH und der toom BauMarkt GmbH im Rahmen des Projektes SERROKON (SERvice ROboter KONzeption) darstellt. Diese soll unter dem Namen *toomas* als mobiler Shopping-Roboter zur Einkaufsassistentz eingesetzt werden. Bisher wurden insgesamt zehn Service-Roboter produziert, die seit April 2008 in drei Filialen der toom Baumarktkette auf ihre Marktreife hin getestet werden.⁴

Abbildung 1: Der Shopping Roboter SCITOS in der ersten (links) und zweiten Evaluationsphase (rechts)



Quellen: links: TU Ilmenau, Fachgebiet Neuroinformatik & Kognitive Robotik (2006): Robot Equipment. Online Dokument verfügbar unter: www.tu-ilmenau.de/fakia/Robot-Equipment.2203.0.html?&L=1 [29.01.09]; rechts: TU Ilmenau, Fachgebiet Medienkonzeption/Medienpsychologie (2008): Mensch-Roboter-Interaktion. Online Dokument verfügbar unter <http://www.tu-ilmenau.de/fakmn/Mensch-Roboter-Inter.5444.0.html> [29.01.09].

Die Aufgabe des Shopping-Roboter SCITOS besteht darin, die Kund(inn)en während ihres Einkaufs zu begleiten und zu unterstützen:

1. *Kontaktaufnahme:* Der im Eingangsbereich des Baumarkts stationierte Roboter erkennt mögliche Kund(inn)en mittels seiner Kamera, nähert sich diesen auf angemessene Kommunikationsdistanz, begrüßt sie auditiv und stellt sich in seiner

⁴ Die Autorinnen und Autoren bedanken sich bei der toom BauMarkt GmbH für die Unterstützung bei der Durchführung der Feldversuche und für die Förderung des Projekts SERROKON.

- Funktion als Einkaufshilfe vor. Wird eine Assistenz durch den Roboter vonseiten des Kunden (der Kundin) gewünscht, finden weitere Interaktionen statt.
2. *Artikelsuche*: Über einen Touchscreen, der am Korpus des Roboters angebracht ist, können die Kund(inn)en mittels einer Datenbank nach Produkten suchen und eine Liste mit gewünschten Artikeln zusammenstellen. Das *Artikelsuchsystem*, das die Mensch-Roboter-Schnittstelle darstellt, bezieht seine Informationen aus einer Datenbank, die von der toom BauMarkt GmbH zur Verfügung gestellt wurde. Die Kund(inn)en haben die Wahl zwischen einer Produktgruppensuche, in der ähnliche Artikel zu Gruppen zusammengefasst sind, und einer Stichwort-eingabe, mit der bestimmte Artikel gezielt gesucht werden können. Nach erfolgreicher Suche kann sich der Kunde (die Kundin) den Standort des gewünschten Artikels anzeigen beziehungsweise sich vom Roboter direkt zum Artikel führen lassen.
 3. *Fahrt zum Standort*: Anhand der Artikelliste des Kunden (der Kundin) und der entsprechenden Standortinformationen aus der Datenbank ermittelt SCITOS die individuelle Fahrtroute und führt den Kunden (die Kundin) durch den Baumarkt. Dabei entspricht die Fahrtgeschwindigkeit des Roboters idealerweise der üblichen Gehgeschwindigkeit. Außerdem hält der Roboter mittels seiner Sensorik (Kamera, Distanzsensoren) den Kontakt mit dem Kunden (der Kundin) aufrecht und reagiert beispielsweise durch Verringerung der Fahrgeschwindigkeit oder durch Anhalten, wenn sich die physische Distanz zwischen Roboter und Kunde beziehungsweise Kundin vergrößert.
 4. *Kaufberatung*: Auf Wunsch präsentiert der Shopping-Roboter Zusatzinformationen über die Produkte, beispielsweise Preisauskünfte. Auf Anforderung des Kunden (der Kundin) kann bei Beratungsfragen zudem ein telepräsen-ter menschlicher Fachberater oder eine Fachberaterin über Videokonferenz zugeschaltet werden (vgl. Gross/Böhme 2000; Gross et al. 2000). Aufgrund aufwendiger Arbeiten an der technischen Umsetzung konnte der Fachberater im Laufe dieser Studie erst in der zweiten Hälfte des Projektes eingesetzt werden. Entsprechend war eine Evaluation dieser Funktion erst in der zweiten Phase der Studie möglich.

3.2 Evaluationskriterien

3.2.1 Kriterien zur *Usability*

Die wichtigste Mensch-Roboter-Schnittstelle des Shopping-Roboters ist das Artikelsuchsystem. Auf diesem Wege teilen Nutzer und Nutzerinnen dem Roboter mit, ob und wie er sie beim Kauf unterstützen kann. Das Artikelsuchsystem wurde separat in einer Vorläuferstudie hinsichtlich seiner *Usability* evaluiert (für eine detaillierte Beschreibung siehe Pöschl et al. 2008). Doch erst in der vorliegenden Studie konnten der fertige Roboter und somit das Gesamterlebnis der Mensch-Roboter-Interaktion einem Praxistest unterzogen werden. Dennoch stellt dieser Praxistest noch keine abschließende Evaluation dar. Der Roboter befindet sich noch in einem – wenn auch fortgeschrittenen – Entwicklungsstadium. Entsprechend war die vorliegende formative Evaluation des Systems noch sehr gegenstandsbezogen.

Wichtig war in diesem Zusammenhang die Optimierung derjenigen Komponenten des Systems, die grundlegend für die Mensch-Roboter-Interaktion sind. Diese sollten an die Bedürfnisse der menschlichen Nutzer(innen) angepasst werden. Entsprechend wurden nicht die gängigen *Usability*-Kriterien Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit (vgl. Jordan 1998) herangezogen, sondern Kriterien, die explizit und detaillierter auf den Bereich der Mensch-Roboter-Interaktion zugeschnitten sind.

Im Gegensatz zum Bereich ergonomischer Benutzerschnittstellen im Allgemeinen (vgl. Oppermann/Reiterer 1997) existieren für die Mensch-Roboter-Interaktion im Speziellen verhältnismäßig wenige Gütemaße oder Interaktionskriterien (für einen umfassenden Überblick siehe Lohse 2007). Im Rahmen des Kooperationsprojektes zur Evaluation von SCITOS entstand deswegen ein umfassender Kriterienkatalog für die Mensch-Roboter-Interaktion – speziell für die Konzeption nutzerfreundlicher persönlicher Service-Roboter – der bestehende Theorieansätze integriert und durch Experteninterviews validiert werden konnte (vgl. Lohse 2007).

Zur *Usability*-Bewertung des Shopping-Roboters lag der Fokus in der vorliegenden Studie auf folgenden Kriterien aus dem genannten Katalog. In Tabelle 1 sind für jedes Kriterium beispielhafte Operationalisierungen der Interviewleitfäden und der Beobachtungsprotokolle aufgeführt:

1. *Anpassung des Roboters an seine Aufgaben, Rollen und seine Umgebung*: Besonders relevant ist in diesem Bereich eine angemessene Gestalt des Roboters (Aussehen, Sprache, Bewegung, für die letzteren beiden Aspekte siehe Kriterien 4 und 5). In der Service-Robotik ist das Streben häufig darauf gerichtet, Roboter so menschenähnlich wie möglich zu gestalten, was damit begründet wird, dass Menschen immer versuchen, menschliche Eigenschaften und Gefühle auf Maschinen zu übertragen (vgl. Garfinkel 2004; Lohse 2007). Dennoch werden von anderer Seite Zweifel geäußert. Nach Mori (2005) beispielsweise, seien gerade kleine Abweichungen vom Menschlichen besonders störend bei Systemen, die vorgeben sehr menschlich zu sein. Des Weiteren muss der Roboter Informationen auf eine Weise präsentieren, die dem Ziel der Interaktion und der physikalischen Anwendungsumgebung angemessen ist (vgl. Beu 2003). Eine Rolle spielen hierbei die Eignung der menschlichen Sinne zur Signalerkennung und die Anwendungsumgebung. Menschen verarbeiten akustische Reize beispielsweise schneller als visuelle (vgl. Hering 2005). Entsprechend sollten wichtige Fehlermeldungen im Idealfall akustisch erfolgen (vgl. Lohse 2007). Die physikalische Anwendungsumgebung stellt im Fall eines Shopping-Roboters eine besondere Herausforderung dar. Zum einen handelt es sich bei einem Baumarkt häufig um eine eher laute Umgebung. Dies muss neben der Signalverarbeitungskapazität der menschlichen Sinne bei der Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion berücksichtigt werden. Zum anderen ist es bei einer Fahrt durch den Baumarkt notwendig, Hindernissen wie Regalen ausweichen zu können, was Konsequenzen für die Mobilität des Roboters hat. Gleichzeitig muss der Roboter auch bei der Lotsenfahrt im ständigen Kontakt mit seinen Nutzer(inne)n bleiben, die ihm folgen sollen.
2. *Störungen der Mensch-Roboter-Interaktion*: Besonders wichtig sind die Vermeidung von und der Umgang mit Fehlern. In den acht goldenen Regeln des Schnittstellendesigns nach Shneiderman (2002) wird dieser Aspekt im Hinblick

auf User-Interfaces (Benutzer-Schnittstellen) thematisiert. Technische Störungen, welche die Mensch-Roboter-Interaktion negativ beeinflussen, sollten unbedingt beseitigt werden. Treten Fehler auf, sollten sie leicht von Mensch und Roboter korrigiert werden können. Dazu gehört, dass der Roboter den Nutzer(inne)n in einem solchen Falle eine Fehlermeldung ausgibt. Die Nutzer(innen) sollten die Möglichkeit haben, den Fehler zu korrigieren (beispielsweise eine Anfrage an das System über die Mensch-Computer-Schnittstelle zu wiederholen oder einen Schritt in der Interaktion zurück zu gehen). Gegebenenfalls sollte die Möglichkeit bestehen, auf Wunsch die Interaktion jederzeit mithilfe eindeutig markierter Ausgänge abubrechen (zum Beispiel mit einem Button zur Beendigung der Interaktion, vgl. auch Nielsen 1993).

3. *Persönlichkeit*: Gewisse Anforderungen an das soziale Verhalten des Roboters beziehungsweise die Einhaltung bestimmter sozialer Interaktions-Normen spielen eine Rolle. Nach Bartneck und Forlizzi (2004) zeichnen sich soziale Service-Roboter dadurch aus, dass sie direkt mit Menschen interagieren. Entsprechend sollten sie sich so menschenähnlich wie möglich verhalten und dabei die sozialen Normen kennen und beachten. So sollte beispielsweise die Annäherung eines Shopping-Roboters an potenzielle Nutzer(innen) nicht aufdringlich wirken, der Roboter also bei der Annäherung den persönlichen Raum beachten (vgl. Pacchierotti/Christensen/Jensfelt 2005).
4. *Bewegung und Mobilität*: Einige Studien belegen, dass sich die Bewegung und Geschwindigkeit eines Roboters auf dessen Akzeptanz auswirken (für einen Überblick siehe Lohse 2007). Beispielsweise werden abrupte Richtungswechsel als aggressiv wahrgenommen (vgl. Butler/Agah 2001). Bezüglich der Bewegungsgeschwindigkeit liegen unterschiedliche Befunde vor (vgl. Lohse 2007). Relevant ist vor allem eine Anpassung der Bewegungsgeschwindigkeit an die Bedürfnisse der Nutzer(innen).
5. *Sprachausgabe*: Die Sprachausgabe ist ein wichtiger Teil der technischen Voraussetzungen für eine gelungene Mensch-Roboter-Interaktion, wenn der Roboter den Nutzer(inne)n Informationen mittels einer solchen kommuniziert. Generell ist eine integrierte Sprachausgabe einerseits sehr sinnvoll, da die Signalerkennung von Geräuschen sehr schnell erfolgt (vgl. Hering 2005). Andererseits müssen die Hörenden ihre kognitive Verarbeitung dem akustischen Informationsstrom anpassen. Außerdem treten – gerade in einem Baumarktsetting – größere Inferenzen auf. Die Hörenden müssen konstruktive Aktivität einsetzen, um aus den Informationen Schlussfolgerungen zu ziehen (vgl. Lohse 2007; Peissner/Heidman/Corves 2003). Wichtig ist entsprechend eine hohe Verständlichkeit der Sprachausgabe, welche durch Intonation, angemessene Lautstärke und Geschwindigkeit erreicht werden kann.

Tabelle 1: Beispielhafte Operationalisierungen der Kriterien zur Evaluation der Mensch-Roboter-Interaktion

	<i>Interview</i>	<i>Beobachtung</i>
<i>Anpassung des Roboters an Rolle, Aufgabe, Umgebung^a</i>	Hat Ihnen der Roboter vom Aussehen her gefallen?	Werden gesuchte Artikel in der Datenbank gefunden? Wird der Roboter als Einkaufshelfer erkannt?
<i>Störungen der Mensch-Roboter-Interaktion</i>		Erkennt der Roboter die Baumarktkund(inn)en, wenn sie auf ihn zu gehen? Kommt es bei der Fahrt zum Artikelstandort zu Kontaktverlusten? Kann der Roboter nach einer Störung die Interaktion wieder aufnehmen? Erkennen die Kund(inn)en, wie Sie nach einer Störung die Interaktion wieder aufnehmen können? Hält der Roboter während der Fahrt zum Artikelstandort Blickkontakt mit den Kund(inn)en?
<i>Persönlichkeit</i>	Ist der Roboter auf Sie zugekommen? Wie empfanden Sie die Art, wie der Roboter auf Sie zukam (angenehm - aufdringlich - schwerfällig)?	
<i>Bewegung und Mobilität</i>	Wie empfanden Sie die Fahrgeschwindigkeit des Roboters (zu langsam - angenehm - zu schnell)?	Kann der Roboter im Baumarkt navigieren? Umfährt er Hindernisse?
<i>Sprachausgabe</i>	Wie haben Sie die Stimme des Roboters empfunden (angenehm - aufdringlich - synthetisch)? Drückt sich der Roboter kompliziert aus? Wie empfanden Sie die Lautstärke der Sprachausgabe (zu laut - normal - zu leise)? Wie empfanden Sie die Geschwindigkeit der Sprachausgabe (zu schnell - normal - zu langsam)?	Spricht der Roboter die Sätze komplett aus?

^a Siehe auch Kriterien zu Bewegung und Mobilität und Sprachausgabe

3.2.2 Kriterien zu Akzeptanz, wahrgenommener Nützlichkeit und *Joy of Use*

Der Einsatz eines Shopping-Roboters als Einkaufsassistent soll aus Sicht der toom BauMarkt GmbH einen Mehrwert sowohl für die Kund(inn)en als auch für das Unternehmen selbst darstellen. Um dies zu gewährleisten, sind neben einer insgesamt guten *Usability* des Roboters noch andere Faktoren von Relevanz.

Die *Akzeptanz* eines technischen Systems durch die Kund(inn)en stellt einen wesentlichen Faktor für dessen Nutzung und letztlich für eine Kaufentscheidung dar (vgl. Zühlke 2004). Vonseiten der toom BauMarkt GmbH war eine zentrale Frage, ob SCITOS von den Kund(inn)en als Einkaufs-Assistent akzeptiert und entsprechend genutzt wird.

Zur Erklärung der Akzeptanz des Roboters kann das *Technology Acceptance Model* (TAM) von Davis (1989) herangezogen werden. Dieses Modell postuliert, dass mehrere Faktoren beeinflussen, inwiefern eine neue Technologie akzeptiert und genutzt wird. Dies sind vor allem die *wahrgenommene Nützlichkeit* (*perceived usefulness*) und der *Bedienkomfort* (*perceived ease of use*). Das Modell wurde später um die subjektive Norm für Situationen erweitert, in denen die Nutzung einer neuen Technologie verpflichtend ist (vgl. Venkatesh et al. 2003). Im Rahmen der vorliegenden Studie war die subjektive Norm für eine Ermittlung der Akzeptanz weniger von Interesse, weil das Angebot einen Shopping-Roboter zu nutzen, keine Verpflichtung darstellt. Entsprechend wurden in der vorliegenden Studie lediglich die wahrgenommene Nützlichkeit und der wahrgenommene Bedienkomfort als Einflussfaktoren der Akzeptanz berücksichtigt. Der Bedienkomfort wurde erst in der zweiten Phase abgefragt, weil in der ersten Phase noch deutliche Verbesserungsmaßnahmen des Roboters antizipiert wurden.

Es wurden folgende *Akzeptanzkriterien* herangezogen:

- Sind die Kund(inn)en bereit, den Shopping-Roboter selbst zu nutzen?
- Stellt der Roboter einen Grund dar, den Baumarkt nochmals zu besuchen?

Die *wahrgenommene Nützlichkeit* wird von Davis (1989: 320) als „the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance“ definiert. Dieses Konzept befasst sich mit der Frage, inwieweit und in welchem Maße die Absichten eines Nutzers (einer Nutzerin) durch die zur Verfügung stehenden technischen Gegebenheiten eines Systems nicht nur erfüllt, sondern deren Verwirklichung verbessert werden können. Es geht dabei also um die technische Erfüllung bestimmter Leistungsanforderungen. Im Gegensatz dazu beschäftigt sich der Bereich der *Usability* mit der Frage, wie gut das (funktionierende) System in der Praxis von dem beziehungsweise der Nutzenden umgesetzt werden kann (vgl. Gaines et al. 1996).

Aufgrund der Relevanz der wahrgenommenen Nützlichkeit des Roboters für die toom BauMarkt GmbH wurde die wahrgenommene Nützlichkeit im Rahmen der Studie als eigenes Kriterium ausgewertet.

Folgendes *Nützlichkeitskriterium* wurde – in Abgrenzung zur *Usability*-Bewertung der Kund(inn)en - herangezogen:

- War der Roboter für Sie nützlich?

Das Konzept des *Bedienkomforts*, das ebenfalls eine Determinante der Akzeptanz darstellt, zeigt eine große Nähe zur *Usability*, also der Benutzerfreundlichkeit. Im Rahmen des Technology Acceptance Models ist jedoch der wahrgenommene Bedienkomfort ausschlaggebend für die Akzeptanz eines Systems und wird definiert als „the degree to which a person believes that using a particular system would be free of effort“ (Davis 1989: 320). Um diesen Einflussfaktor der Akzeptanz zu berücksichtigen, wurde folgendes Kriterium formuliert:

- Wie beurteilen Sie die *Bedienbarkeit* des Roboters?

In erster Linie werden Systeme häufig so gestaltet, dass sie möglichst einfach und effizient sind. In letzter Zeit wird zunehmend gefordert, die Freude der Nutzer(innen) bei der Anwendung als wesentliches Kriterium für die benutzerfreundliche Erstellung und Bewertung von Produkten und technischen Systemen mit einzu beziehen. Entsprechend gewinnt das Konzept des *Joy of Use* (oder auch *Enjoyment*, auf Deutsch u.a. als *Spaß beim Benutzen*, *Nutz-Spaß*, oder *Freude bei der Arbeit* übersetzt) zunehmend an Bedeutung (vgl. Blythe et al. 2003). Dennoch stand eine schlüssige Definition des Konzepts lange Zeit aus (vgl. Hatscher 2001). Hatscher (2001: 446) definierte *Joy of Use* bei der Softwarenutzung folgendermaßen:

„Joy of use eines Software-Produkts ist das freudvoll-genussreiche Erleben der Qualität der Interaktion und der Möglichkeiten, die sich für einen bestimmten Nutzer in einem bestimmten Kontext als Folge des überwiegend unauffälligen, hervorragenden Funktionierens und aufgrund der den Nutzer ästhetisch ansprechenden Gestaltung durch motivierten und den Zielen und Interessen des Nutzers entsprechenden Gebrauch der Software manifestiert.“

Diese Definition wurde für die Nutzung von Software im Allgemeinen getroffen, für den Bereich der Service-Robotik wurde bislang keine eigene Definition entwickelt. Dennoch bietet es sich an, die Definition von Hatscher im Rahmen dieser Studie heranzuziehen und auf den Shopping-Roboter als gesamtes zu untersuchendes System zu übertragen. Hatscher betont in seiner Definition die Qualität der Interaktion, die in der vorliegenden Evaluation eine entscheidende Rolle spielt.

Joy of Use spielt insbesondere dann eine Rolle, wenn die Nutzenden die Auswahl zwischen mehreren Alternativen haben (Nutzung eines Shopping-Roboters versus eigenständige Suche) um ihre jeweiligen Bedürfnisse umzusetzen.

Joy of Use wurde erfragt, indem der Spaßfaktor der Nutzung des Systems ermittelt wurde:

- Hat Ihnen der Umgang mit dem Roboter Spaß gemacht?

4. Evaluationsphase 1 – Fokus *Usability*

4.1 Evaluationsdesign und Untersuchungsablauf

Das Anliegen der ersten Projektphase war, SCITOS im realen Umfeld zu testen und mittels formativer Evaluation verbesserungswürdige technische Komponenten und Problemfelder in der Mensch-Roboter-Interaktion zu identifizieren. Es handelte sich dabei um eine Felderhebung in einer Filiale der toom BauMarkt GmbH in Erfurt. So konnte das System direkt an den potenziellen Endnutzer(inne)n getestet werden. In einer mehrtägigen Erhebungsphase im Dezember 2006 wurde die Mensch-Roboter-Interaktion des Systems mit den Baumarktkund(inn)en offen beobachtet und mittels Protokollierung festgehalten. Mündliche Interviews dienten der Erhebung der genannten Evaluationskriterien und weiterer Kontrollvariablen. Die toom BauMarkt GmbH führt alle 14 Tage eine Werbewoche durch. Da Werbe- und Sonderaktionsartikel in der Datenbank des Roboters nicht verzeichnet waren, wurde der Erhebungszeitraum in eine werbefreie Woche gelegt. Damit sollte eine Verzerrung der Daten durch eine zu hohe Anzahl von erfolglosen Suchen verhindert werden.

Jeder Versuchsdurchgang unterteilte sich in vier Abschnitte:

1. *Instruktion*: Eine professionelle Interviewerin sprach die Untersuchungsteilnehmer(innen) im Eingangsbereich des Baumarktes an. Sie erhielten Basisinformationen über den wissenschaftlichen Hintergrund der Studie und den Datenschutz. Nach ihrer Zustimmung zur Teilnahme wurde ihnen ein Versuchspersonen-Code zugewiesen.
2. *Interview I zur Erfassung der Kontrollvariablen*: Mittels eines vollstandardisierten mündlichen Interviews erfragte die Interviewerin soziodemografische Merkmale, Computernutzung und -vorkenntnisse, die Häufigkeit von Baumarktbesuchen und Heimwerkerkenntnisse der Untersuchungsteilnehmer(innen) als Kontrollvariablen. Außerdem erhob sie das Kundenverhalten der Baumarktbesucher und -besucherinnen (Kenntnis über den Standort und den Preis des gesuchten Produktes, bevorzugte Art der Produktsuche und Einschätzung, inwiefern die robotergestützte Suche als hilfreich angesehen wurde).
3. *Usability-Test des Roboters*: Die Kund(inn)en wurden gebeten, den Roboter für eine Artikelsuche zu nutzen und dabei nach jenen Produkten zu suchen, wegen derer sie in den Baumarkt gekommen waren. Zwei Beobachterinnen protokollierten die Systemnutzung und die Mensch-Roboter-Interaktion, um Probleme und Bedienschwierigkeiten festzustellen.
4. *Interview II zur Bewertung des Roboters*: Im Anschluss an die Nutzung des Shopping-Roboters beantworteten die Testpersonen offene und geschlossene Fragen zur Bewertung des Systems, darunter Fragen zur Akzeptanz, wahrgenommenen Nützlichkeit und zum Joy of Use.

4.2 Operationalisierung der Evaluationskriterien und Kontrollvariablen

Zur Operationalisierung der Evaluationskriterien (z.B. Verständlichkeit der Sprachausgabe, Spaßfaktor bei der Interaktion) und Kontrollvariablen (z.B. Geschlecht, Computererfahrung, Heimwerkerkenntnisse) wurden *zwei Interview-Leitfäden* entwickelt und jeweils einem Pretest unterzogen. Die Operationalisierung der Rating-skalen zur Beurteilung der Kriterien erfolgte mittels fünfstufiger Likert-Skalen (1 = geringste Ausprägung bzw. Ablehnung, 5 = höchste Ausprägung bzw. Zustimmung). Der Einsatz mündlicher Interviews erwies sich bei der Datenerhebung im Baumarkt-Setting als deutlich effizienter als eine schriftliche Befragung (vgl. Bortz/Döring 2006).

Ein Teil der Evaluationskriterien konnte im Zuge der *Usability*-Tests mittels offener *Beobachtung* erfasst werden. So wurde protokolliert, ob es zu Störungen bei der Mensch-Roboter-Interaktion kam, beispielsweise ob der Roboter bei der Fahrt durch den Baumarkt den Kontakt zu der Person verlor, mit der er gerade interagier-te und sie dadurch nicht mehr erkennen konnte.

4.3 Stichprobenziehung und -beschreibung

Informationen über die soziodemografischen Merkmale der Kundschaft des toom Baumarktes in Erfurt konnten dem Kundenmonitor 2004 des Unternehmens ent-nommen werden. In der ersten Erhebungsphase testeten $N = 45$ Personen den Robo-ter. Von diesen brachen jedoch sechs Personen den Testdurchlauf ab, was zu einer Stichprobe von $n = 39$ Teilnehmer(inne)n führte.

Tabelle 2: Soziodemografische Statistiken (in Prozent) der untersuchten Stichprobe im Vergleich zum Kundenmonitor 2004 der toom BauMarkt GmbH

	<i>Untersuchte Stichprobe 2006 (N=45)</i>	<i>Kundenmonitor 2004</i>
<i>Geschlecht</i>		
männlich	72	55
weiblich	28	45
<i>Alter</i>		
16-29	6	17
30-39	13	15
40-49	19	19
50-64	43	26
65 und älter	19	23
<i>Bildungsstatus</i>		
Hauptschule	19	38
Mittlere Reife	45	31
Abitur	23	18
Studium	13	13
<i>Heimwerkerkenntnisse</i>		
Einsteiger(in)	10	26
Normale(r) Nutzer(in)	30	42
Fortgeschrittene(r) Nutzer(in)	32	21
Profi	28	11
<i>Computererfahrung</i>		
		Nicht erhoben
Einsteiger(in)	30	-
Normale(r) Nutzer(in)	47	-
Fortgeschrittene(r) Nutzer(in)	19	-
Profi	4	-

Die soziodemografische Zusammensetzung der Stichprobe hinsichtlich Alter, Bildungsstatus, Heimwerkerkenntnissen und Computererfahrung wird in Tabelle 2 aufgeführt und mit Ausnahme der Computerkenntnisse (die vonseiten der Bau-marktkette nicht erhoben wurden) den Daten des Kundenmonitors gegenübergestellt. Da auf Wunsch der toom BauMarkt GmbH auf eine Quotierung anhand der soziodemografischen Variablen verzichtet wurde, weisen diese teilweise deutliche Abweichungen von der Zusammensetzung des Kundenmonitors auf.

4.4 Ergebnisse

4.4.1 Technische Fehlfunktionen des Shopping-Roboters

Die Beobachtung und Protokollierung der Mensch-Roboter-Interaktion diene vorrangig dazu, technische Fehlfunktionen zu dokumentieren und die Ergebnisse für eine weitere Optimierung des Systems an das Entwicklerteam weiterzuleiten. Die beobachteten technischen Schwierigkeiten werden in absteigender Reihenfolge ihrer Relevanz berichtet.

Nichtererkennung der Baumarktkund(inn)en

Ein grundlegendes Problem bestand zum Untersuchungszeitpunkt darin, dass der Roboter bei 11% (bzw. $n = 4$) der Testpersonen wegfuhr, als diese sich ihm interessiert näherten. Nach Angaben des Entwicklerteams lag der Fehler darin begründet, dass das *Personen-Tracking* nicht einwandfrei funktionierte. Dies wirkte sich auch auf die Fahrt zum Artikelstandort aus. Obwohl die Testpersonen dem Service-Roboter folgten, konnte sie dieser während der Fahrt teilweise nicht mehr erkennen. Die Äußerung „Ich kann Sie nicht mehr sehen“ vonseiten des Roboters führte zu Irritationen aufseiten der Kund(inn)en und verhinderte eine flüssige Fahrt zum Artikelstandort.

Orientierungsprobleme

Vorher nicht identifizierte Fehler im *Detektionssystem* des Shopping-Roboters, das der Hindernisnavigation dient, führten zu Orientierungsproblemen und kleinen ‚Unfällen‘. Diese traten insgesamt sechs Mal auf. So fuhr der Roboter beispielsweise zu eng um eine Kurve und stieß gegen Gegenstände wie Regale oder Einkaufswagen. Problematischer war jedoch, dass SCITOS einmal leicht mit dem Fuß einer Kundin kollidierte. Des Weiteren äußerte der Service-Roboter ein Mal, dass man ihm den Weg versperre, obwohl er völlig frei im Raum stand.

Sprachausgabe

Die integrierte Sprachausgabe diene dazu, die Kund(inn)en bei der Bedienung des Roboters anzuleiten. Zum Zeitpunkt der ersten Projektphase kam es noch vereinzelt dazu, dass SCITOS mitten im Satz abbrach. Dies trat vor allem bei komplexen Situationen auf, beispielsweise wenn der Service-Roboter sich umdrehen wollte und den Kunden (die Kundin) vor dieser Bewegung warnte, aber gleichzeitig darauf aufmerksam machen wollte, dass man ihm folgen solle.

Die aufgeführten Probleme berühren wichtige Kriterien für eine erfolgreiche Mensch-Roboter-Interaktion. Nichterkennung von Kund(inn)en, Orientierungsprobleme und fehlerhafte Sprachausgaben zeugen von einer ungenügenden Anpassung des Roboters an seine Aufgabe und seine Umgebung. Diese Ergebnisse zu technischen Fehlfunktionen wurden nach Abschluss der ersten Erhebungsphase an das Entwicklerteam weitergeleitet. Dieses optimierte das System noch vor dem zweiten Untersuchungsabschnitt.

4.4.2 Usability des Shopping-Roboters

Allgemeine Beurteilung

Direkt im Anschluss an das Testen des Roboters wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gebeten, eine freie Beurteilung des Systems abzugeben. Diese äußerten sowohl positive (64% der Befragten) als auch negative Kritik (80% der Befragten). Der wichtigste negative Kritikpunkt war, dass die Suche zu lange dauerte, gefolgt von dem Aspekt, dass manchen Teilnehmer(inne)n die Suchanfrage über das Artikelsuchsystem zu kompliziert war. Zudem wurde kritisch angemerkt, es käme zu Störungen auf der Fahrt zum Artikelstandort, das Design des Roboters sei noch zu technisch, es finde keine Beratung statt und die Artikelbezeichnungen in der Datenbank seien zu kompliziert (vgl. Tabelle 3).

Ein generelles Problem stellte dar, dass von 28% ($n = 10$) der Testpersonen ein gesuchter Artikel in der Datenbank zunächst nicht auffindbar war. Hier zeigte sich das gleiche Problem wie in der Vorläuferstudie (vgl. Pöschl et al. 2008): Die Datenbank wurde ursprünglich zur Warenbestandsaufnahme entwickelt. Eine Überarbeitung nach kundenfreundlichen Aspekten konnte zum Zeitpunkt der Studie aufgrund der damit verbundenen hohen Kosten nur ausschnittsweise erfolgen.

Tabelle 3: Die wichtigsten positiven und negativen Beurteilungen des Service-Roboters in der ersten Phase (angegeben in Prozent)

	<i>Positiv</i> ($n = 25$)	%	<i>Negativ</i> ($n = 31$)	%
<i>Allgemeines</i>	Idee des Systems	11		
	Suche allgemein	11		
	Spaßfaktor	5		
	Modernität	5		
<i>Effektivität</i>	Artikel-Standort gefunden	16	falscher Standort gezeigt	3
<i>Effizienz</i>	kurze Suchdauer	14	Suche dauert zu lang	38
	schnelle Bedienung	3		
<i>Interface</i>	selbsterklärende Menüführung	8	System zu kompliziert	11
			komplizierte Begriffe	5
<i>Fahrt</i>			Störung bei der Fahrt	5
			Kontaktverlust	3
			zu oft angehalten	3
<i>Sonstiges</i>			keine Beratung	5

Als besonders positiv vermerkten die Testpersonen, dass die gesuchten Artikel-Standorte tatsächlich gefunden wurden. Ebenso lobten sie die gesamte Idee des Systems und die selbsterklärende Menüführung. Auch der Spaßfaktor und die Modernität des Shopping-Roboters wurden betont (siehe Tabelle 3).

Usability der Mensch-Roboter-Interaktion

Relevant für die *Anpassung des Roboters an seine Aufgabe und Rollen* sowie an seine *Umgebung* ist zum einen eine angemessene *Gestalt* des Shopping-Roboters. Dieser sah in der ersten Erhebungsphase noch sehr technisch aus (vgl. Abbildung 1), weil die abschließende Ummantelung noch nicht integriert war. Entsprechend gefiel nur 64% (bzw. $n = 25$) der Befragten das Design des Service-Roboters. Die Mehrheit der 14 Personen, welche die Anmutung des Systems als negativ beurteilten (22%) gab an, dass ihnen die Ummantelung des Service-Roboters fehlte. Dementsprechend wurde er von einer Testperson als unvollkommen empfunden und von zwei Personen gar nicht erst wahrgenommen. Dass der Roboter zu technisch aussehe, monierten vier Proband(inne)n, zwei forderten ausdrücklich eine „menschenähnliche“ Gestalt.

Hinsichtlich der integrierten *Sprachausgabe* des Roboters zeigte sich, dass dessen *Ausdrucksweise* auf einer fünfstufigen Ratingskala überwiegend als unkompliziert ($M = 1,4$; $SD = 0,9$) und deutlich ($M = 4,8$; $SD = 0,7$) empfunden wurde. Die *Sprachgeschwindigkeit* ($M = 3,0$; $SD = 0,2$) und die *Sprachlautstärke* ($M = 3,0$; $SD = 0,4$) erschienen als normal und für die Umgebung angemessen. Mehrheitlich wurde auch der *Umfang der Interaktionen* (von 95% der Personen) als vollkommen ausreichend bewertet.

Die Probanden empfanden die computergenerierte *Stimme* des Service-Roboters als unaufdringlich, angenehm und freundlich, dabei wirkte sie offenbar weder besonders synthetisch noch besonders menschenähnlich (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Beurteilung der Stimme des Roboters in der ersten Erhebungsphase

$n = 39$	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Angenehm</i>	4,6	0,7
<i>Aufdringlich</i>	1,3	0,8
<i>Freundlich</i>	4,6	0,7
<i>Synthetisch</i>	3,2	1,3
<i>Menschenähnlich</i>	3,2	1,4

Bezüglich der Anpassung der *Bewegung und Mobilität* des Roboters an die Bedürfnisse der Nutzer(innen) ergab sich, dass 59% der Testpersonen die Fahrgeschwindigkeit des Roboters als angenehm empfanden. Allerdings war sie auch für 33% der Kund(inn)en zu langsam, für weitere 7% jedoch zu schnell.

Im Hinblick auf seine *Persönlichkeit* und das soziale Verhalten des Roboters fand SCITOS überwiegend Anklang. Die menschlichen Interaktionspartner(innen) beurteilten die Annäherung des Systems als angenehm und freundlich, nicht als aufdringlich oder schwerfällig (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Beurteilung der Kontaktaufnahme des Roboters mit Kund(inn)en

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>
<i>Angenehm</i>	4,3	0,9	38
<i>Aufdringlich</i>	1,4	0,9	39
<i>Freundlich</i>	4,7	0,5	39
<i>Schwerfällig</i>	2,2	1,3	39

Über das Testen der für die Mensch-Roboter-Interaktion relevanten Komponenten hinaus, konnten die Kundinnen und Kunden auch *Verbesserungsvorschläge* zum Roboter abgeben. Zum einen äußerten sich die Untersuchungsteilnehmer(innen) zum geplanten Standort des Service-Roboters. Sie sprachen sich mehrheitlich dafür aus, SCITOS im Eingangsbereich (54%) beziehungsweise direkt am Haupteingang (36%) zu platzieren. Lediglich 8% wünschten sich einen abteilungsspezifischen Standort, weitere 2% der Befragten zogen einen Stellplatz direkt neben den Informationsständen vor.

Weiterhin wurden die Testpersonen danach gefragt, welche *zusätzlichen Funktionen* der Roboter ihrer Meinung nach aufweisen sollte.⁵ Von den Interviewten gaben 60% an, dass sie sich eine Preisauskunft wünschen würden, gefolgt von einer Möglichkeit, die Fahrgeschwindigkeit zu regulieren (44%). Weiterhin interessant waren eine Lautstärkeregelung (15%) und eine Möglichkeit, die unterstützende Sprachausgabe zu aktivieren bzw. zu deaktivieren (8%).

4.4.3 Wahrgenommene Nützlichkeit, *Joy of Use* und Akzeptanz des Shopping-Roboters

Der Shopping-Roboter wurde von den Kunden und Kundinnen auf einer Skala von 1 (sehr unnützlich) bis 5 (sehr nützlich) als eher nützlich beurteilt ($M = 3,7$; $SD = 1,2$). Ebenso äußerten sich 97% der Testpersonen dahin gehend, dass der Roboter sie gut durch den Baumarkt geführt habe. Der Spaßfaktor bei der Nutzung des Systems schien allgemein sehr hoch ($M = 4,7$; $SD = 0,5$). Dabei konnten sich 87% der Teilnehmer(innen) vorstellen, den Roboter nochmals in Anspruch zu nehmen, und zwar vor allem, um gezielt Artikel zu suchen ($M = 4,8$; $SD = 0,4$), teilweise auch, um Preisankünfte einzuholen ($M = 3,6$; $SD = 1,5$), jedoch weniger um Detailankünfte ($M = 2,8$; $SD = 1,6$) zu erhalten. Ein in der Vorläuferstudie (vgl. Pöschl et al. 2008) häufig erwähnter Kritikpunkt war die Sorge um Arbeitsplätze, die durch den Einsatz von Shopping-Robotern möglicherweise abgebaut werden. Dies erwähnte in dieser Untersuchungsphase lediglich eine Testperson.

⁵ $n = 39$. Hierbei waren Mehrfachnennungen möglich, so dass sich die Prozentzahlen nicht zu 100 aufaddieren.

5. Evaluationsphase 2 – Fokus Akzeptanz, wahrgenommene Nützlichkeit und *Joy of Use*

5.1 Evaluationsdesign und Untersuchungsablauf

In der zweiten Untersuchungsphase war SCITOS aus technischer Sicht bereits annähernd markttauglich. Insofern lag der Schwerpunkt in dieser Phase neben einer weiteren technischen Verbesserung des Service-Roboters vor allem auf seiner Bewertung durch die Baumarkt-Kundschaft. Diese zweite Projektphase wurde hinsichtlich der Rahmenbedingungen (Felderhebung, Erhebungsort, werbefreie Zeiträume, mündliche Interviews zur Erhebung der Kriterien und Kontrollvariablen, vgl. Abschnitt 4.1) gleich gestaltet wie die erste Projektphase. Es bestehen jedoch zwei wichtige Unterschiede zum ersten Untersuchungszeitraum: Im April und im Mai 2007 wurde die Mensch-Roboter-Interaktion während knapp 47 Zeitstunden *verdeckt beobachtet* und protokolliert, um Daten über möglichst unbefangene und natürliche Interaktionen zu erlangen. Außerdem befragte das Versuchsleiterteam sowohl Personen, die den Roboter genutzt hatten (*Nutzer*), Personen, die die Nutzung abgebrochen hatten (*Abbrecher*), als auch Menschen, die den Roboter nicht nutzten (*Nicht-Nutzer*).⁶ Die Berücksichtigung verschiedener Nutzergruppen sollte Aufschlüsse darüber geben, ob und inwiefern SCITOS von unterschiedlichen Kund(inn)en akzeptiert wird und aus welchen Gründen eine Nutzung stattfand oder nicht stattfand.

Jeder Versuchsdurchgang unterteilte sich in vier Abschnitte:

1. *Kontaktaufnahme*: Die Untersuchungsteilnehmer(innen) nahmen im Baumarkt selbstständig Kontakt mit dem Roboter auf. Zum einen konnte dies geschehen, indem der Roboter auf die Baumarktkund(inn)en zufuhr und sie ansprach, zum anderen suchten manche Kund(inn)en den Roboter gezielt auf.
2. *Interaktion von Kunde (Kundin) und Roboter*: Selbige wurde durch die Versuchsleiter(innen) verdeckt beobachtet und teilstandardisiert protokolliert.
3. *Anwerben der Untersuchungsteilnehmer(innen)*: Die Versuchsleiter(innen) sprachen die Testpersonen nach vollendeter Interaktion mit dem Roboter bzw. deren Abbruch an. Die *Nicht-Nutzer* wurden angesprochen, sobald sie den Roboter eindeutig vermieden hatten, also an SCITOS vorbeigingen, ohne sich ihm überhaupt zu nähern. Alle Befragten erhielten Basisinformationen über den wissenschaftlichen Hintergrund der Studie und den Datenschutz. Nach ihrer Zustimmung zur Teilnahme wurde ihnen ein Versuchspersonencode zugeteilt.
4. *Interview zur Bewertung des Roboters*: Im Anschluss an das Einverständnis zur Teilnahme an der Untersuchung beantworteten die Testpersonen offene und ge-

⁶ Zugunsten der Übersichtlichkeit wird bei diesen Kategorien (Nutzergruppen) auf die explizite Benennung beider Geschlechtsformen verzichtet. Wenn im Folgenden von *Nutzern*, *Abbrechern* oder *Nicht-Nutzern* die Rede ist, sind damit jedoch jeweils Personen beiderlei Geschlechts gemeint.

5.2 Operationalisierung der Evaluationskriterien und Kontrollvariablen

Zur Operationalisierung der Evaluationskriterien (z.B. *Usability*, Akzeptanz, wahrgenommene Nützlichkeit und *Joy of Use*) und Kontrollvariablen (z.B. Geschlecht, Computererfahrung, Heimwerkerkenntnisse, für die genauen Kategorien siehe Tabelle 6) wurde ein *Interview-Leitfaden* entwickelt und einem Pretest unterzogen. Hinsichtlich des in der Zwischenzeit implementierten, telepräsenten Fachberaters interessierte, ob die Möglichkeit diesen live, per Roboter-Bildschirm, zuzuschalten zum einen bemerkt wurde, zum anderen, ob die Kund(inn)en diese Funktion überhaupt nutzten. Wenn eine Nutzung des Fachberaters erfolgte, sollten die Proband(inn)en diese global beurteilen und zudem angeben, ob dessen Auskünfte hilfreich und ausreichend waren. Die fünfstufigen Ratingskalen in den mündlichen Interviews der ersten Evaluationsphase hatten sich dahin gehend als zu komplex erwiesen, als die fünf Stufen der Skalen so gut wie nie ausgenutzt wurden. Stattdessen konzentrierten sich die Antworten auf die mittleren drei Stufen. Nach Matell und Jacoby (1971, vgl. Bortz/Döring 2006: 180) ist die Anzahl der Skalenstufen sowohl für die Reliabilität als auch die Validität einer Ratingskala unerheblich. Entsprechend wurde beschlossen, in der zweiten Phase mit dreistufigen Skalen zu arbeiten (1 = geringste Ausprägung bzw. Ablehnung, 3 = höchste Ausprägung bzw. Zustimmung).

5.3 Stichprobenziehung und -beschreibung

In der zweiten Untersuchungsphase wurden insgesamt $N = 237$ Personen befragt, die hinsichtlich ihrer soziodemografischen Merkmale in Tabelle 6 vorgestellt werden. Es nahmen $n = 58$ Nutzer, $n = 96$ Abbrecher und $n = 83$ Nicht-Nutzer an der Studie teil. Bei den Nutzern und Abbrechern handelte es sich um eine Vollerhebung aller Nutzer bzw. Abbrecher während der Feldbeobachtung, bei den Nicht-Nutzern um eine Gelegenheitsstichprobe. Die Teilstichproben unterschieden sich nicht hinsichtlich soziodemografischer Charakteristika ($\chi^2 < 10,2$; $df = 8$; $p > ,25$; bzw. $\chi^2 < 0,2$; $df = 2$; $p = 0,9$). Bezüglich der Kontrollvariablen Computer- und Heimwerkerkenntnisse zeigte sich jedoch eine signifikant unterschiedliche Zusammensetzung der Nutzergruppen: Die Gruppe der Nicht-Nutzer wies mehr Personen auf, dieangaben über keinerlei Computerkenntnisse zu verfügen als die anderen Gruppen ($\chi^2 < 22,5$; $df = 8$; $p < ,05$). Hinsichtlich der eigenen handwerklichen Fähigkeiten wies die Gruppe der Nutzer überzufällig viele Personen auf, dieangaben keine nennenswerten Kenntnisse in diesem Bereich zu besitzen ($\chi^2 < 17,4$; $df = 8$; $p < ,05$; vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Soziodemografische Statistiken (in Prozent) der untersuchten Stichproben in der zweiten Erhebungsphase

	<i>Nutzer</i> (<i>n</i> = 58)	<i>Abbrecher</i> (<i>n</i> = 96)	<i>Nicht-Nutzer</i> (<i>n</i> = 83)	<i>Gesamt</i> (<i>n</i> = 237)
<i>Geschlecht</i>				
männlich	62	63	65	63
weiblich	38	37	35	37
<i>Alter</i>				
16-29	26	16	10	16
30-39	19	14	11	14
40-49	17	28	26	25
50-64	28	32	36	32
65 und älter	10	10	17	13
<i>Bildungsstatus</i>				
Hauptschule	9	14	22	15
Mittlere Reife	45	50	48	48
Abitur	5	4	7	6
Studium	34	27	22	27
keine Angabe	7	5	1	4
<i>Heimwerkerkenntnisse</i>				
keine Kenntnisse	10	3	3	5
Einsteiger(in)	5	8	7	7
Normale(r) Nutzer(in)	40	44	54	46
Fortgeschrittene(r) Nutzer(in)	36	38	19	31
Profi	9	7	17	11
<i>Computererfahrung</i>				
keine Kenntnisse	5	5	19	10
Einsteiger(in)	7	12	19	13
Normale(r) Nutzer(in)	66	52	43	52
Fortgeschrittene(r) Nutzer(in)	15	25	16	20
Profi	7	6	3	5

5.4 Ergebnisse

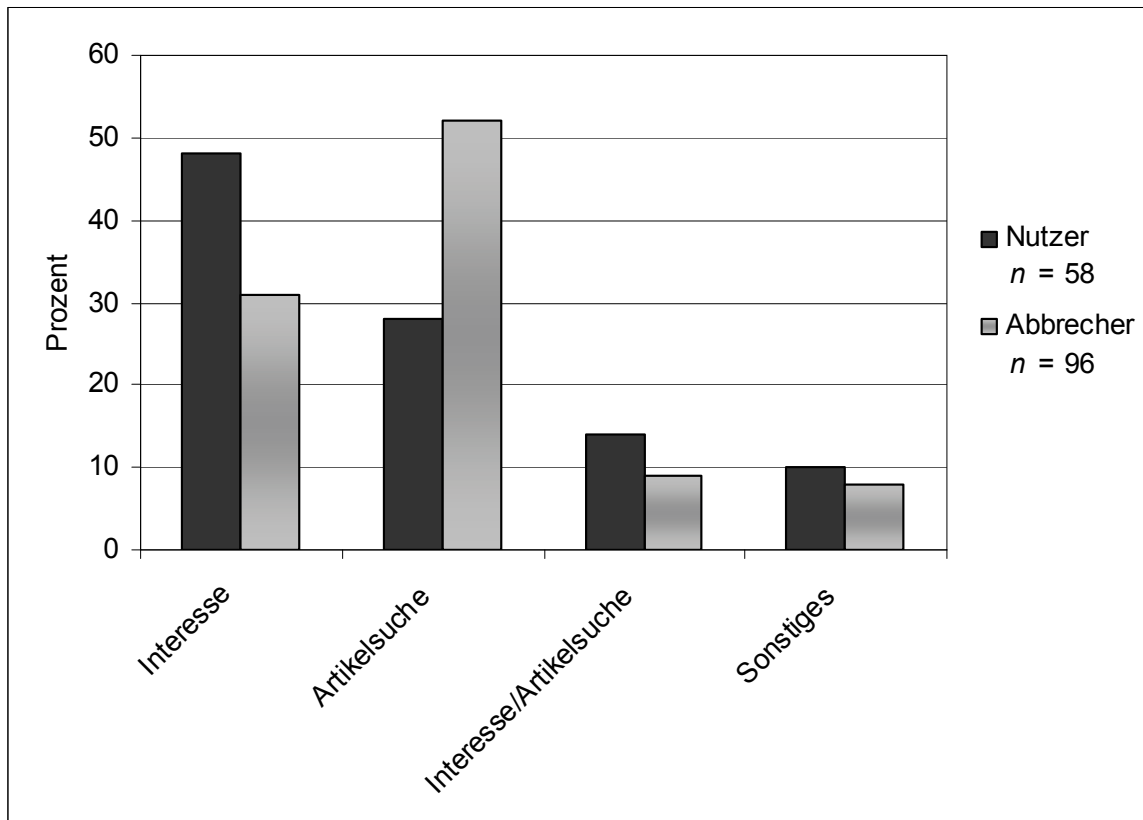
5.4.1 Gründe für die (Nicht-)Nutzung des Shopping-Roboters

Nutzer

Die $n = 58$ Baumarktkund(inn)en, die den Roboter im Verlaufe von knapp 47 Beobachtungsstunden aus Eigeninitiative genutzt hatten, taten dies nach eigenen Angaben vor allem aus Interesse am System (48% bzw. $n = 28$). Weitere 28% gaben an, gezielt einen Artikel suchen zu wollen, bei 14% war beides der Fall. Jeweils weitere 4% beziehungsweise $n = 2$ gaben an, dass der Roboter ihnen „über den Weg ge-

laufen“ sei oder, dass sie ihn schon kannten und deswegen nochmals nutzen wollten. Eine weitere Person wollte den Roboter ihrem Kind vorführen (siehe Abbildung 2). Außerdem wies die Stichprobe der *Nutzer* überdurchschnittlich viele Proband(inn)en auf, die nach eigenen Angaben über keine nennenswerten Handwerkerkenntnisse verfügten (vgl. Abschnitt 5.3). Möglicherweise kannten sich diese Personen im betreffenden Baumarkt nicht gut aus, sodass sie eher auf Unterstützung bei der Suche nach einem Artikel zurückgriffen.

Abbildung 2: Gründe für die Nutzung des Roboters bei *Nutzern* und *Abbrechern*



Abbrecher

Auch die $n = 96$ Personen, die die Nutzung von SCITOS im beobachteten Untersuchungszeitraum begonnen, aber dann vor der Fahrt zum Artikelstandort abgebrochen hatten, wurden gefragt, warum sie diesen zunächst genutzt hätten. Als Hauptmotivation nannten die *Abbrecher* Interesse (52% bzw. $n = 50$). 31% wollten den Roboter für eine gezielte Artikelsuche nutzen. Weitere 9% wollten die Artikelsuche ausprobieren (vgl. Abbildung 2).

Besonders aufschlussreich bei dieser Nutzergruppe war natürlich, warum die Testpersonen die Nutzung des Systems abbrachen (siehe Tabelle 7). Es zeigte sich, dass bei 35% dieser Testpersonen der Artikel nicht gefunden wurde, bzw. bei weiteren 13%, dass der Artikel keinen festen Standort hatte. Hier zeigte sich das gleiche Problem wie bei der Vorläuferstudie: In der Datenbank konnten aufgrund des umfangreichen und durch Saisonartikel sich verändernden Warenbestands bis zum Erhebungszeitraum noch nicht alle Artikel aufgeführt werden. Wenn ein Artikel

nicht gleich gefunden wird, wirkt sich das auch auf die Suchdauer aus. Entsprechend gaben weitere 9% der Kund(inn)en an, die Suche aus Zeitmangel abgebrochen zu haben. Aber auch die Lust am spontanen Ausprobieren war eine Ursache für kurze und „unvollständige“ Nutzungssituationen. So erklärten 12% ($n = 11$) der Befragten, dass sie eigentlich gar keine konkrete Suche durchführten und weitere 6%, dass ihnen der Standort des Artikels bereits bekannt war, sodass es für sie keine Veranlassung gab, sich vom Roboter ans Regal führen zu lassen.

Tabelle 7: Gründe für den Abbruch der Interaktion (angegeben in Prozent)

$n = 96$	Kritikpunkt	%
Effektivität	Artikel nicht gefunden	35
	Artikel hat keinen festen Standort	13
Effizienz	Zeitmangel	9
Interesse am System	keine konkrete Suche	12
	Standort bereits bekannt	6
Interface	Menüstruktur kompliziert	3
Fahrt	Kontaktverlust	4

Nicht-Nutzer

Durch die Befragung einer Gelegenheitsstichprobe von Baumarktkund(inn)en, die den Roboter überhaupt nicht nutzten, konnte eruiert werden, welche Gründe dafür vorlagen (siehe Tabelle 8). So zeigte sich, dass den meisten, die den Roboter nicht in Anspruch nahmen, der Standort des gesuchten Artikels bereits bekannt war, sodass eine robotergestützte Suche nicht notwendig war (34%). Weitere 13% suchten keinen spezifischen Artikel, sondern wollten sich nur umsehen. Weitere 4% gaben an, etwas ganz Spezielles zu suchen. Außerdem bemerkten 6% ($n = 5$) der Befragten den Roboter gar nicht. Darüber hinaus wiesen die *Nicht-Nutzer* nach eigenen Angaben überzufällig niedrige Computerkenntnisse auf (vgl. Abschnitt 5.3). Eventuell könnte dies eine Hemmung darstellen, einen – computerbasierten – Einkaufs-Roboter zu nutzen.

Tabelle 8: Gründe für die Nichtnutzung des Systems (angegeben in Prozent)

$n = 83$	Kritikpunkt	%
Suche nicht nötig	Standort bekannt	34
	keine Suche	13
	spezielle Suche	4
Effizienz	Zeitmangel	4
Sonstiges	Roboter nicht bemerkt	6

5.4.2 Wahrgenommene Nützlichkeit, *Joy of Use* und Akzeptanz des Shopping-Roboters

Für eine hohe *wahrgenommene Nützlichkeit* des Systems spricht, dass dessen Nutzer(innen) es auf einer dreistufigen Ratingskala als *sehr nützlich* ($M = 2,7$; $SD = 0,5$) und die Art und Weise, wie der Roboter sie zum gesuchten Artikel geführt hat, als *gut* ($M = 2,8$; $SD = 0,5$) empfanden. Hinsichtlich des *Bedienkomforts* ergab sich, dass die Proband(inn)en es als *nicht zu schwer* empfanden, den Roboter zu bedienen ($M = 1,0$; $SD = 0,2$). Diese positive Bewertung spiegelt sich auch darin wieder, dass ihnen die Benutzung des Roboters durchweg großen *Spaß* gemacht hatte ($M = 3,0$; $SD = 0,2$; siehe Tabelle 9). Auch diejenigen, welche die Interaktion abgebrochen hatten, gaben an, teilweise durchaus Spaß bei der Interaktion mit SCITOS gehabt zu haben ($M = 1,9$; $SD = 0,8$).

Tabelle 9: Nutzspaß und Akzeptanz bei den unterschiedlichen Nutzergruppen

		<i>Nutzer</i> ($n = 58$)	<i>Abbrecher</i> ($n = 96$)	<i>Nicht-Nutzer</i> ($n = 83$)
<i>Nutzspaß</i>	M	3,0	1,9	–
	SD	0,2	0,8	–
<i>Akzeptanz</i>				
zukünftige Nutzung	%	97	82	68
Sorge um Arbeitsplätze	%	10	2	–
<i>Roboter als Wiederbesuchsgrund</i>	M	1,9	–	–
	SD	0,9	–	–

Insgesamt war die *Akzeptanz* sowohl bei *Nutzern*, *Abbrechern* und teilweise sogar *Nicht-Nutzern* hoch: 97% der *Nutzer* gaben an, den Roboter in Zukunft wieder nutzen zu wollen. Außerdem stellte der Roboter für sie teilweise einen Grund dar, den Baumarkt wieder zu besuchen ($M = 1,9$; $SD = 0,9$). Auch bei den *Abbrechern* erklärte ein nicht unbeträchtlicher Anteil von 82%, SCITOS in Zukunft wieder nutzen zu wollen, und selbst 68% der *Nicht-Nutzer* konnten sich vorstellen, zukünftig bei der Artikelsuche auf den Shopping-Roboter zurückzugreifen. Die Sorge, Arbeitsplätze für Mitarbeiter(innen) könnten abgebaut werden, äußerten nur 10% der Personen, die SCITOS zur Artikelsuche herangezogen hatten, und 2% der *Abbrecher*.

Im Folgenden werden die wichtigsten Gründe dafür, den Roboter auch in Zukunft *nicht* zu nutzen, für die unterschiedlichen Nutzergruppen gegenübergestellt (siehe auch Tabelle 10): Die beiden *Nutzer*, die sich *nicht* vorstellen konnten, den Roboter nochmals in Anspruch zu nehmen, erklärten, dass die Suche mit SCITOS deswegen zu lange dauere, weil sie sich im Baumarkt selbst sehr gut auskennen würden. Ähnliche Aussagen trafen auch diejenigen, die die Interaktion abgebrochen hatten (18%, $n = 17$). Weitere 24% der *Abbrecher* bevorzugten das Personal bei der Artikelsuche, außerdem nannten 24% als Grund, dass sie den Artikel mithilfe des Roboters nicht gefunden hätten. Gründe, SCITOS auch künftig nicht zu nutzen, waren

aufseiten der *Nicht-Nutzer*, dass auch sie das Personal bevorzugen würden (37%, $n = 27$) oder ihnen der Artikelstandort bereits bekannt sei (11%). Außerdem meinten sie, dass ihnen die Bedienung eines Roboters zu umständlich sei (11%).

Tabelle 10: Gründe für keine zukünftige Nutzung in den verschiedenen Nutzergruppen (angegeben in Prozent)

	<i>Kritikpunkt</i>	<i>Nutzer</i> ($n = 2$)	<i>Abbrecher</i> ($n = 17$)	<i>Nicht-Nutzer</i> ($n = 27$)
<i>Effektivität</i>	Artikel nicht gefunden	–	24	–
<i>Nutzung nicht nötig</i>	Standorte bereits bekannt	100	18	11
	Bevorzugung Personal	–	24	37
<i>Bedienung</i>	Bedienung zu kompliziert	–	–	11

Anmerkung: Die Prozentwerte beziehen sich auf die Anzahl der Personen in den Nutzergruppen, die eine zukünftige Verwendung des Roboters explizit ausschlossen.

5.4.3 Usability der Mensch-Roboter-Interaktion

Allgemeine Beurteilung der Nutzer und Abbrecher(innen)

Direkt im Anschluss an den Kontakt mit dem Shopping-Roboter wurden die *Nutzer* und *Abbrecher* gebeten, eine freie Beurteilung des Systems abzugeben. Beide Kundengruppen äußerten einerseits positive, andererseits negative Kritik. Erwartungsgemäß zeigte sich bei den *Nutzern* eine positive Tendenz (33%), bei den *Abbrechern* eine negative (34%; $\chi^2 < 6,0$; $df = 2$; $p > ,05$; vgl. Tabelle 11). Besonders positiv fiel den *Nutzern* auf, dass die gesuchten Artikel tatsächlich gefunden wurden (22%), außerdem lobten sie die Idee, einen Roboter einzusetzen (12%) und hoben hervor, dass die Navigation des Roboters gut sei (11%). Die Anmutung von SCITOS fand bei 7% ($n = 4$) der *Nutzer* und 3% ($n = 3$) der *Abbrecher* spontan Anklang (siehe auch Tabelle 12). Negative Aussagen zum Design des Shopping-Roboters, die noch in der ersten Untersuchungsphase aufgetreten waren (siehe Abschnitt 4.4.2), waren nach dem optischen Redesign (siehe Abbildung 1) nicht mehr zu verzeichnen.

Tabelle 11: Prozentualer Anteil positiver und negativer Kritiken bei *Nutzern* und *Abbrechern*

	<i>Nutzer</i> ($n = 58$)	<i>Abbrecher</i> ($n = 96$)
positive Kritik	33	22
negative Kritik	17	34
sowohl positive und negative Kritik	47	39
keine Angabe	3	5

Bezüglich der Fahrgeschwindigkeit gab es jedoch negative Rückmeldungen: Insgesamt 21% der *Nutzer* beurteilten diese aus verschiedenen Gründen als zu langsam.

In der ersten Untersuchungsphase hatten 33% der Testpersonen die langsame Fahrgeschwindigkeit des Roboters moniert (vgl. Abschnitt 4.4.2). Die technischen Überarbeitungen haben hier offenbar noch nicht zu einer zuverlässigen Verbesserung geführt. 9 % der *Nutzer* hatten zumindest einen gesuchten Artikel in der Datenbank zunächst nicht gefunden. In der ersten Untersuchungsphase war das noch bei 28% (bzw. $n = 10$) der Testpersonen der Fall, was zwar auf eine deutliche – aber noch nicht völlig ausreichende – Verbesserung der Effektivität hindeutet (vgl. Abschnitt 4.4.2). Eine Überprüfung von eventuellen Zusammenhängen zwischen den geäußerten Kritikpunkten sowie der insgesamt geäußerten Kritik und den soziodemografischen Daten und Kontrollvariablen zeigte keinerlei signifikante Effekte.

Tabelle 12: Positive und negative Äußerungen zum Roboter von Nutzern und Abbrechern (angegeben in Prozent)

		<i>Nutzer</i> ($n = 58$)		<i>Abbrecher</i> ($n = 96$)	
		<i>Positiv</i>	<i>Negativ</i>	<i>Positiv</i>	<i>Negativ</i>
<i>Allgemeines</i>	Idee des Systems	12	–	16	–
	Artikelsuche möglich	–	–	8	–
<i>Effektivität</i>	Artikel gefunden	22	–	–	–
	Artikel nicht gefunden	–	9	–	18
<i>Effizienz</i>	Suchdauer zu lang	–	–	–	3
<i>Systemcharakteristika</i>	Navigation	11	6	5	4
	Optik	7	–	3	–
	Fahrgeschwindigkeit	–	21	–	–
	Audioausgabe zu laut	–	2	–	6

Ein recht ähnliches Bild zeigte sich bei der Beurteilung des Roboters durch Personen, welche die Interaktion abgebrochen hatten. Auch von diesen lobte ein nennenswerter Teil (16%; $n = 15$) in der freien Antwort das System an sich, die Möglichkeit, den Roboter zur Artikelsuche zu nutzen (8%; $n = 8$) und die Navigation von SCITOS (5%; $n = 5$). Bei der negativen Kritik fiel besonders ins Gewicht, dass manchmal die Artikel nicht gefunden wurden (18%; $n = 17$). Außerdem empfanden die Proband(inn)en die Sprachausgabe als zu laut (6%; $n = 6$), kritisierten die Navigation (4%; $n = 4$) und schätzten die Suchdauer als zu lang ein (3%; $n = 3$). Hier ergab das Testen auf eventuelle Zusammenhänge zwischen den konkret geäußerten positiven und negativen Kritikpunkten und den soziodemografischen Daten und Kontrollvariablen ebenfalls keine signifikanten Effekte. Interessant erscheint jedoch, dass Personen, die sich als handwerkliche Einsteiger(innen) bezeichneten, insgesamt häufiger positive Kritik übten als Personen mit keinerlei, normalen und fortschrittlichen handwerklichen Kenntnissen und *Abbrecher*, die sich selbst als Handwerksprofis bezeichneten ($\chi^2 < 26,2$; $df = 12$; $p < ,05$).

Hinsichtlich der folgenden Aspekte der Mensch-Roboter-Interaktion, die in der

zweiten Phase formativ evaluiert wurden, konnten lediglich die *Nutzer* des Shopping-Roboters befragt werden, da nur diesen eine Beurteilung des Roboters über den gesamten Interaktionsverlauf möglich war.

Kontaktaufnahme

Es zeigte sich, dass 83% der befragten *Nutzer* mit dem Roboter interagierten, obwohl er nicht auf sie zugefahren war. Die zehn Personen, denen sich der Roboter genähert hatte, empfanden die Kontaktaufnahme in keinsten Weise als aufdringlich ($M = 1,0$; $SD = 0,0$), sondern als freundlich ($M = 3,0$; $SD = 0,0$). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich SCITOS hinsichtlich sozialer Normen der Annäherung an seine Interaktionspartner(innen) adäquat verhält.

Interaktion mit dem Roboter

Die *Nutzer* des Roboters monierten, dass die Bedienung des Roboters teilweise noch zu lange dauert ($M = 1,5$; $SD = 0,7$). Die soziodemografischen Variablen und die Kontrollvariablen Heimwerker- und Computerkenntnisse ergaben keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der zu langen Bedienung. Vermutlich ist diese noch letzten technischen Problemen des Systems und der Struktur der Datenbank geschuldet. Hinsichtlich der Nutzerfreundlichkeit der Interaktion zeigte sich, dass die Bedienung des Roboters eindeutig als nicht zu schwer beurteilt wurde ($M = 1,0$; $SD = 0,2$). Diese positiven Ergebnisse zur Nutzerfreundlichkeit der Roboter-Hardware dürfen jedoch nicht darüber hinweg täuschen, dass weitere Verbesserungen – v.a. softwareseitig hinsichtlich der implementierten Datenbank – zwingend notwendig sind, um den Bedürfnissen der Baumarktkund(inn)en gerecht zu werden.

Telepräsenster Fachberater

Der in der zweiten Projektphase implementierte telepräsenster Fachberater konnte bei Bedarf per Knopfdruck mittels Videokonferenz zugeschaltet werden. Diese Funktion hatten 73% der *Nutzer* bemerkt, wobei lediglich 7% ($n = 4$) der Befragten auf diese Hilfe zurückgegriffen hatten. Zwei der vier Personen, die den Fachberater genutzt hatten, äußerten sich dazu. Sie empfanden die erteilten Auskünfte als nicht hilfreich und unzureichend bezüglich ihrer Fragen. Diese Unzufriedenheit könnte mehrere Ursachen haben: Der Roboter ist für einfache Standortanfragen konzipiert, während eine detaillierte Fachberatung in den Kompetenzbereich der Baumarktmitarbeiterinnen und -mitarbeiter fällt. Wie sich bereits bei den Gründen für eine Nicht-Nutzung zeigte (vgl. Abschnitt 5.4.1), wenden sich die Marktbesucher(innen) in diesen Fällen gerne direkt an das Personal. Eventuell fühlen sie sich bei einer Face-to-Face-Beratung wohler oder die Fachberater können unter solchen Umständen besser auf die Kund(inn)en eingehen, als dies per Video-Konferenz möglich ist. Weiterhin wäre es möglich, dass Kund(inn)en und Mitarbeiter(innen) mit dieser komplexen Art der Kommunikation per Video-Konferenz überfordert sind. Um dieses Problem zumindest teilweise zu beheben, kann der Fachberater bei Bedarf auch direkt an den momentanen Standort des Roboters gerufen werden, sodass eine Beratung weiterhin face-to-face erfolgen kann.

6. Ausblick auf die weitere technische Entwicklung

Die in den beiden formativen Evaluationsphasen erzielten Ergebnisse liefern wertvolle Hinweise für die fortlaufend vorgenommenen Optimierungen des Systems. Einige Anregungen konnten bereits im Laufe der durchgeführten Studien umgesetzt werden. Dennoch zeigte sich, dass die fortlaufenden Verbesserungsmaßnahmen teilweise an ihre Grenzen stießen: Die Fahrgeschwindigkeit des Roboters wurde auch nach der Systemverbesserung noch kritisiert. Weiterhin wurde moniert, dass gesuchte Artikel manchmal in der hinterlegten Datenbank nicht gefunden werden konnten. Eine Überarbeitung der mehr als 80.000 Artikel umfassenden Datenbank (z.B. Vereinfachung von Artikelbezeichnungen, Aufnahme von Saisonartikeln und Sonderangeboten) konnte zum Zeitpunkt der Feldtests aufgrund der damit verbundenen hohen Kosten und des großen Aufwands für den Baumarkt nur ausschnittsweise erfolgen. In die neu produzierten Service-Roboter, mit denen abschließend die Marktauglichkeit an weiteren Standorten getestet werden soll, wird jedoch eine neue Datenbank integriert. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, in die neu produzierten Roboter eine Fahrgeschwindigkeitsregulierung zu implementieren.

7. Diskussion

Der im Rahmen des hier vorgestellten Kooperationsprojektes entwickelte Shopping-Roboter *SCITOS* gehört zu den weltweit führenden Entwicklungen im Bereich der Einkaufs-Roboter. Die Entwicklung von *SCITOS* war über die ganze Projektdauer hinweg mit einem konkreten Plan für einen dauerhaften Praxiseinsatz verbunden. Aus diesem Grund wurden fortlaufend systematische Evaluationen des Roboters hinsichtlich seiner *Usability* und der *Akzeptanz* vonseiten der zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer durchgeführt. Die Ergebnisse der Nutzerstudien haben nicht zuletzt dazu geführt, dass die Praxispartner des Projektes mittlerweile zehn Exemplare von *SCITOS* geordert haben, die seit 2008 in drei Filialen der bundesweit operierenden toom BauMarkt GmbH eingesetzt werden. Dies wird einen letzten Probelauf hinsichtlich der Marktreife und Akzeptanz des Roboters darstellen, bevor die Produktion in Serie gehen kann.

Die erste Prototypen-Serie des Roboters wird gezielt in seit 2008 neu eingerichteten Märkten mit einem speziellen Sortiment (*„Home Stores“* genannt) eingesetzt, deren Ausrichtung nicht auf dem üblichen Baumarktbestand liegt, sondern auf dem Bereich *„Einrichten und Gestalten“*. Diese Filialen stellen eine Mischung aus Baumarkt und Einrichtungshaus dar und zeichnen sich durch ein hohes Kundenaufkommen und zahlreiche Beratungsanfragen aus. Während der Roboter in diesen Märkten Routinefragen nach Artikelstandorten beantwortet, kann sich das qualifizierte Personal auf seine eigentliche Aufgabe, nämlich die anspruchsvolle Kundenberatung konzentrieren, die ein Roboter nicht leisten kann und soll. Diese Zielsetzung wird in der Öffentlichkeitsarbeit der toom BauMarkt GmbH betont, um der ansonsten durchaus berechtigten Sorge um den Abbau von Arbeitsplätzen auf Mitarbeiter(innen)- und Kund(inn)enseite vorzubeugen.

Die hier dargestellte Studie kann aus mehreren Gründen nicht den Abschluss der Evaluation des Systems darstellen. Zum einen können in mündlichen Forschungsinterviews Beeinflussungseffekte wie soziale Erwünschtheit nicht ausgeschlossen werden, so dass die geäußerten positiven Rückmeldungen zum Roboter mit Vorsicht betrachtet und in Nachfolgestudien nochmals überprüft werden müssen. Zum anderen sind positive Reaktionen auf den Roboter womöglich zum Teil auch als Novitäts-Effekt zu erklären. Es ist also noch zu prüfen, inwiefern Nutzungsbereitschaft und *Joy of Use* auch dann noch auf hohem Niveau liegen, wenn Kund(innen)en den Roboter bereits kennen und mehrfach genutzt haben. Darüber hinaus wurde SCITOS in einem herkömmlichen Baumarkt getestet. Das intendierte Einsatzgebiet stellen jedoch die oben genannten Home Stores dar. Eine weitere Evaluation des Roboters unter den eigentlich intendierten Rahmenbedingungen ist also unabdinglich. In einer Nachfolgestudie, die sich bereits in der Vorbereitung befindet, soll eine ökonomische Evaluation der Shopping-Roboter vorgenommen werden. Ziel ist es abzuklären, ob und in welchem Umfang sich eine dauerhafte Implementation von Robotern im Baumarkt lohnt. Die Produktions-, Anschaffungs- und Wartungskosten sollen dabei dem wirtschaftlichen Nutzen und Mehrwert des Shopping-Roboters systematisch gegenüber gestellt werden. Dazu soll die tatsächliche spontane Nutzungsrate des Roboters durch die Kund(inn)en ermittelt werden. Außerdem soll der Roboter summativ evaluiert werden. Es gilt die Frage zu beantworten, ob ein Einkauf mit einem Roboter gegenüber einem Einkauf ohne dessen Unterstützung effektiver und effizienter ist, und ob die Nutzung eines Roboters zu einer größeren Zufriedenheit mit dem Einkaufserleben führt.

In weiteren Nachfolgestudien könnten darüber hinaus auch folgende wichtige Fragen zur Akzeptanz geklärt werden: Herrschen auf Seiten der Baumarktangestellten Ängste und Befürchtungen hinsichtlich der ‚elektronischen Konkurrenz‘ vor, und falls ja, wie können sie abgebaut werden? Inwiefern können Baumarktmitarbeiter(innen) in Kooperation mit dem Roboter in ihrem Arbeitsalltag die Rolle von „telepräsenten Fachberatern“ einnehmen? Entwickeln sich langfristig unterschiedliche Nutzertypen unter den Baumarktkund(inn)en (z.B. regelmäßige *Nutzer*, sporadische *Nutzer*, konsequente *Nicht-Nutzer* des Roboters etc.)? Neben einer weiteren Untersuchung des hier vorgestellten Shopping-Roboters sind systematische Evaluationsstudien im gesamten Bereich der Service-Roboter bislang ein Forschungsdesiderat und ein fruchtbares Feld für interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Sozial- und Technik- beziehungsweise Computerwissenschaften.

8. Literatur

- Bartneck, Christoph/Forlizzi, Jodi (2004): A design-centred framework for social human-robot interaction. In: Robot and Human Interactive Communication. ROMAN 2004. 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication. IEEE. S. 591-594.
- Beu, Andreas (2003): Analyse des Nutzungskontextes. In: Machate, Joachim/Burmester, Michael (Hg.): User Interface Tuning. Benutzerschnittstellen menschlich gestalten. Frankfurt: Software & Support Verlag, S. 67-82.
- Blythe, Mark A./Overbeeke, Kees/Monk, Andrew F./Wright, Peter C. (Hg.) (2003): Funology.

- From Usability to Enjoyment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Böhme, Hans-Joachim/Wilhelm, Torsten/Schröter, Christof/Groß, Horst-Michael (2002): PERSES – ein interaktiver Einkaufsassistent. In: Robotik 2002. VDI-Berichte 1679, S. 641-646.
- Böhme, Hans-Joachim/Scheidig, Andrea/Wilhelm, Torsten/Schröter, Christof/Martin, Christian/König, Alexander/Müller, Steffen/Groß, Horst-Michael (2006): Progress in the Development of an Interactive Mobile Shopping Assistant. In: Proceedings of the Joint Conference on Robotics: 37th International Symposium on Robotics (ISR 2006) and 4th German Conference on Robotics (Robotik 2006). München, Deutschland. Düsseldorf: VDI Verlag.
- Bortz, Jürgen/Döring, Nicola (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer (4. Aufl.).
- Burns, Simon (2006): Japanese store hires robot staff. (Online-Dokument verfügbar unter: <http://www.informaticsonline.co.uk/vnuned/news/2158043/robot-staff-japanese-store> [28.04.2008]).
- Burrell, Ashley (2005): Robot Lends a Seeing Eye for Blind Shoppers. (Online-Dokument verfügbar unter: http://www.usatoday.com/tech/news/techinnovations/2005-07-11-robot-guide_x.htm [28.04.2008]).
- Butler, John T./Agah, Arvin (2001): Psychological Effects of Behavior Patterns of a Mobile Personal Robot. In: Autonomous Robots, 10 (2), S. 185-202.
- Davis, Fred D. (1989): Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. In: MIS Quarterly, 13 (3), S. 319-339.
- Gaines, Brian R./Shaw, Mildred L.G./Chen, Lee Li-Jen (1996): Utility, Usability and Likeability: Dimensions of the Net and Web. (Online-Dokument verfügbar unter: <http://ad.informatik.uni-freiburg.de/bibliothek/proceedings/webnet96/Html/207/207.htm> [24.06.2008]).
- Cumby, Chat/Fano, Andrew/Ghani, Rayid/Krema, Marko (2005): Building intelligent shopping assistants using individual consumer models. In: Proceedings of the 10th international conference on intelligent user interfaces, S. 323-325.
- Garfinkel, Simson (2004): Menschliche Roboter. In: Technology Review. (Online-Dokument verfügbar unter: <http://www.heise.de/tr/Menschliche-Roboter-/artikel/47372> [28.11.2008]).
- Gharpure, Chaitanya/Kulyukin, Vladimir A./Kutiyanawala, Aliasgar (2006): A Robotic Shopping Assistant for the Blind: A Pilot Study (Technical Report USU-CSATL-1-01-06, Computer Science). Logan, Utah: Assistive Technology Laboratory, Department of Computer Science, Utah State University.
- Gross, Horst-Michael/Böhme, Hans-Joachim (2000): PERSES – A Vision-Based Interactive Mobile Shopping Assistant. Paper presented at the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE-SMC 200), Nashville.
- Gross, Horst-Michael/Böhme, Hans-Joachim/Key, Jürgen/Wilhelm, Torsten (2000): The PERSES Project – a Vision-Based Interactive Mobile Shopping Assistant. In: Künstliche Intelligenz, Bd. 4, S. 34-36.
- Hatscher, Michael (2001): Joy of use – Determinanten der Freude bei der Software-Nutzung. In: Oberquelle, Horst/Oppermann Reinhard/Krause Jürgen (Hg.): Mensch & Computer 2001: 1. Fachübergreifende Konferenz in Bad Honnef (Bonn). Stuttgart: B.G. Teubner, S. 445-446.
- Hering, Norbert (2005): Vom Denken und von Denkmaschinen. Über die Grenzen des Verstehens zwischen Gehirn und Prozessor. Bad Honnef: Hippocampus Verlag.
- Ichbiah, Daniel (2005): Roboter. Geschichte – Technik – Entwicklung. München: Knesebeck GmbH & Co.
- Impress Corporation (2006): NTT Com and tmsuk conduct a field trial of robots that use IPv6 and RFID tags. (Online-Dokument verfügbar unter: <http://www.ipv6style.jp/en/special/20060213/index.shtml> [28.04.2008]).
- Jordan, Patrick W. (1998): An Introduction to Usability. London: Taylor & Francis.
- Kulyukin, Vladimir A./Gharpure, Chaitanya (2006a): Ergonomics-For-One in a Robotic Shopping Cart for the Blind, 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction. Salt Lake City, Utah, USA: ACM Press.
- Kulyukin, Vladimir A./Gharpure, Chaitanya (2006b): A Robotic Shopping Assistant for the Blind. Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America (RESNA).

- Atlanta, Georgia, USA.
- Kulyukin, Vladimir A./Gharpure, Chaitanya/Pentico, Cassidy (2007): Robots as Interfaces to Haptic and Locomotor Spaces. Paper presented at HRI '07, Arlington, Virginia, USA.
- Lohse, Manja (2007): Nutzerfreundliche Mensch-Roboter-Interaktion. Kriterien für die Gestaltung von Personal Service Robots. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- Mori, Masahiro (2005): On the Uncanny Valley. Proceedings of the Humanoids-2005 workshop: Views of the Uncanny Valley. 05.12.2005, Tsukuba, Japan.
- Menczer, Filippo/Street, William Nick/Vishwakarma, Narayan/Monge, Alvaro E./Jakobsson, Markus (2002): IntelliShopper: a proactive, persona, private shopping assistant. Paper presented at the AAMAS '02, Bologna, Italien.
- Nielsen, Jacob (1993): Usability Engineering. San Francisco: Kaufmann.
- Oppermann, Reinhard/Reiterer, Harald (1997): Software Evaluation Using the 9241 Evaluator. In: Behaviour & Information Technology, 16(4/5), S. 232-245.
- Pacchierotti, Elena/Christensen, Henrik I./Jensfelt, Patric (2005): Human-robot embodied interaction in hallway settings: a pilot user study. In: Robot and Human Interactive Communication, 2005. ROMAN 2005. 14th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication. IEEE, S 164-171.
- Peissner, Matthias/Heidman, Frank/Corves, Lars (2003): Usability Engineering von Sprach-Applikationen. In: Machate, Joachim/Burmester, Michael (Hg.): User Interface Tuning. Benutzerschnittstellen menschlich gestalten. Frankfurt: Software & Support Verlag. S. 299-318.
- Pöschl, Sandra/Döring, Nicola/Böhme, Hans-Joachim/Martin, Christian (2008): Computergestützte Artikelsuche im Baumarkt. Formative Evaluation eines Artikelsuchsystems für mobile Shopping-Roboter. Zeitschrift für Evaluation, Bd. 1, S. 113-135.
- Powers, Aaron (2008): What Robotics Can Learn from HCI. In: Interactions, March + April 2008, S. 67-69.
- Quennet, Kevin. (2008): RoboMow – Der Mähroboter von Friendly Robotics. (Online-Dokument verfügbar unter: <http://robo-mow.de/index.php> [07.11.2008]).
- RFID in Japan (2006): RFID-driven Shopping Assistant robot soon to be tested in a mall. (Online-Dokument verfügbar unter: <http://ubiks.net/local/blog/jmt/archives3/004890.html> [28.04.2008]).
- Schiller, Jochen (2003): Mobilkommunikation. München: Pearson Studium (2. Aufl.).
- Schraft, Rolf Dieter/Hägele, Martin/Wegener, Kai (Hg.) (2004): Service Roboter Visionen. München: Carl Hanser Verlag.
- Shekar, Sangeetha/Nair, Prashant/Helal, Abdelsalam (2003): I-Grocer: A Ubiquitous and Pervasive Grocery Shopping System, 2003 ACM Symposium on Applied Computing. Melbourne, Florida.
- Shneiderman, Ben (2002): User Interface Design. Bonn: mitp (3. Aufl.).
- Stahl, Christoph/Baus, Jörg/Brandherm, Boris/Schmitz, Michael/Schwartz, Tim (2005): Navigational- and Shopping Assistance on the Basis of User Interactions in Intelligent Environments. In: Proceedings of the IEE International Workshop on Intelligent Environments (IE). University of Essex, Colchester, UK. S. 52.
- Strüker, Jens/Sackmann, Stefan (2004): Neue Formen der Kundenkommunikation durch mobile IuK-Technologien – eine ökonomische Analyse am Beispiel des „Extra Future Stores“, Multi-konferenz der Wirtschaftsinformatik (MKWI '04). Essen.
- Thrun, Sebastian (2004): Toward a Framework for Human-Robot-Interaction. In: Human-Computer-Interaction, 19(1&2), S. 9-24.
- Tomizawa, Tetsuo/Ohya, Akihisa/Yuta, Shin'ichi (2006): Remote Shopping Robot System. Development of a hand mechanism for grasping fresh foods in a supermarket. In: Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Beijing, China, S. 4953-4958.
- Tomizawa, Tetsuo/Ohba, Kohtaro/Ohya, Akihisa/Yuta, Shin'ichi (2007): Remote Food Shopping Robot System in a Supermarket. – Realization of the shopping task from remote places. In: Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Harbin, China, S. 1771-1776.
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)/International Federation of Robotics

- (IRF) (2007): World Robotics 2007. Executive Summary. (Online-Dokument verfügbar unter: http://www.ifrstat.org/downloads/2007_Executive_Summary.pdf [28.04.2008]).
- Venkatesh, Viswanath/Morris, Michael G./Davis, Gordon B./Davis, Fred D. (2003): User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. In: MIS Quarterly, 27 (3), S. 425-478.
- Zühlke, Detlef (2004): Useware-Engineering für technische Systeme. Berlin: Springer.