



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# **Masterarbeit**

**Karolina Bernat**

**Konzeption und Nutzerevaluation von Gestensteuerung in  
Smart-Home Umgebung**

*Fakultät Technik und Informatik  
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Computer Science*

Karolina Bernat

**Konzeption und Nutzerevaluation von Gestensteuerung in  
Smart-Home Umgebung**

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung

im Studiengang Master of Science Informatik  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: : Prof. Dr. Kai von Luck  
Zweitgutachter: Dr. Susanne Draheim

Eingereicht am: 16. Oktober 2017

**Karolina Bernat**

**Thema der Arbeit**

Konzeption und Nutzerevaluation von Gestensteuerung in Smart-Home Umgebung

**Stichworte**

Gestensteuerung, User-Centred Design, Nutzerevaluation, Natural User Interface (NUI), Smart-Home, Human-Computer Interaction (HCI)

**Kurzzusammenfassung**

Durch den Einsatz neuartiger, natürlicher und intuitiver Benutzerschnittstellen in Smart Environments verändert sich die Mensch-Maschine Interaktion. Diese Arbeit befasst sich mit der Konzeption und Nutzerevaluation einer natürlichen, gestenbasierten Benutzerschnittstelle zur Steuerung von Haustechnik eines Smart-Homes. Im Rahmen der Arbeit wurde eine explorative Nutzerstudie durchgeführt, die die persönlichen Userpräferenzen ermittelt hat. Die Ergebnisse der Studie dienten als Grundlage des Designs und der Entwicklung eines Prototyps der Gestensteuerung mit dem User-Centred Design Ansatz. Anschließend wurde der Prototyp in einem User-Test validiert.

**Karolina Bernat**

**Title of the paper**

Conceptual Design and Evaluation of a Gestural User Interface in a Smart-Home

**Keywords**

Gestural Control, User-Centred Design, User Study, Natural User Interface (NUI), Smart-Home, Human-Computer Interaction (HCI)

**Abstract**

The use of new, natural and more intuitive user interfaces in smart environments changes the traditional way of human-computer interaction. This work presents a conceptual design and a user study to evaluate a natural user interface based on a gestural interaction. The new natural user interface enables the user to control selected home appliances in a smart-home laboratory. An explorative user study was conducted to evaluate the users' preferences while interacting with a smart environment. A user-centred design approach was applied to develop a prototype of the gestural interface to control selected home appliances. Finally, a user test was conducted to validate the prototype.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b>	<b>1</b>
1.1. Zielsetzung . . . . .	2
1.2. Aufbau der Arbeit . . . . .	3
<b>2. Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1. Ubiquitous Computing . . . . .	5
2.2. Natural Interface . . . . .	6
2.3. Imaginary Interface . . . . .	10
2.4. User-Centred Design . . . . .	12
2.5. Gestensteuerung . . . . .	13
2.6. Living Place Hamburg . . . . .	16
<b>3. Verwandte Arbeiten</b>	<b>20</b>
3.1. Put-that-there . . . . .	20
3.2. Soft remote control system in the intelligent sweet home . . . . .	20
3.3. An Intelligent Smart Home Control Using Body Gestures . . . . .	22
3.4. Smart-Home Control mit Hilfsgeräten . . . . .	23
3.4.1. I'm home: Defining and evaluating a gesture set for smart-home control	23
3.4.2. A Gesture Based System for Context-Sensitive Interaction with Smart Homes . . . . .	25
3.4.3. Characteristics of Hand Gesture Navigation: A Case Study Using a Wearable Device (MYO) . . . . .	26
3.5. Aktuelle Entwicklungen im Natural User Interface Bereich . . . . .	28
3.5.1. Integration of Natural User Interface in a Real-World Environment . .	28
3.5.2. 3D Gestenerkennung in komplexen Umgebungen . . . . .	30
3.5.3. Using motion capturing sensor systems for natural user interface . . .	31
<b>4. Explorative Nutzerstudie</b>	<b>33</b>
4.1. Zielsetzung . . . . .	33
4.2. Konzeption und Durchführung . . . . .	34
4.2.1. Versuchsgruppe . . . . .	34
4.2.2. Versuchsaufbau . . . . .	36
4.2.3. Durchführung . . . . .	38
4.3. Evaluation . . . . .	41

4.3.1. Auswertung von Audio- und Videomaterial . . . . .	42
4.3.2. Gestenvokabular . . . . .	43
4.4. Zusammenfassung . . . . .	47
<b>5. Prototypische Implementierung einer Gestensteuerung auf Basis der multi- modalen Integrationsplattform für HCI Untersuchungen</b>	<b>50</b>
5.1. Multimodale Integrationsplattform . . . . .	50
5.2. Prototypische Implementierung . . . . .	52
5.3. Nutzer-Test . . . . .	55
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>57</b>
6.1. Zusammenfassung . . . . .	57
6.2. Ausblick . . . . .	58
<b>Literatur</b>	<b>60</b>
<b>A. Fragebogen</b>	<b>68</b>
<b>B. Einverständniserklärung</b>	<b>69</b>

## Abbildungsverzeichnis

1.	Ubiquitous Computing nach <a href="#">Weiser (1991)</a> . . . . .	6
2.	Natürliche Eingabe mit Sprache und Gestik in Put-That-There von <a href="#">Bolt (1980)</a> . . . . .	7
3.	KiRo Hardwarearchitektur nach <a href="#">Weigel und Nebel (2008)</a> . . . . .	8
4.	Tischfußballroboter aus <a href="#">Weigel (2006)</a> . . . . .	9
5.	Imaginäres Basketballspiel nach <a href="#">Baudisch u. a. (2013)</a> . . . . .	10
6.	<i>Transfer learning</i> beim Benutzen eines imaginären Smartphones nach <a href="#">Gustafson u. a. (2011)</a> . . . . .	11
7.	Gegenseitige Abhängigkeit der Aktivitäten im User-Centred Design Ansatz nach <a href="#">ISO (2010)</a> . . . . .	13
8.	Posen nach <a href="#">Sharma u. a. (2012)</a> . . . . .	14
9.	Gesten nach <a href="#">Kühnel u. a. (2011)</a> . . . . .	15
10.	RealEdge Prototyp aus <a href="#">Williamson u. a. (2011)</a> . . . . .	16
11.	Living Place - Grundriss nach <a href="#">Gregor u. a. (2009)</a> . . . . .	17
12.	Gerätesteuerung im Living Place Hamburg aus <a href="#">HAW Hamburg (2017)</a> . . . . .	18
13.	Blackboard Architektur des Living Place nach <a href="#">Ellenberg u. a. (2011)</a> . . . . .	19
14.	Soft Remote Control in „Intelligent Sweet Home“ von <a href="#">Bien u. a. (2003)</a> . . . . .	21
15.	Gesten im Soft Remote Control System . . . . .	21
16.	Acht verschiedene Gesten aus <a href="#">Kim und Kim (2006)</a> . . . . .	23
17.	Gestensatz aus <a href="#">Kühnel u. a. (2011)</a> . (a) nach rechts wischen; (b) nach links wischen; (c) nach oben wischen; (d) nach unten wischen; (e) neigen; (f) nach unten und oben bewegen; (g) vorwärts zeigen. . . . .	25
18.	MYO Gestenset zur Landkartensteuerung . . . . .	27
19.	Experimente mit Einsatz von Natural User Interface aus <a href="#">Subramanian (2015)</a> . . . . .	29
20.	Datenfluss bei 3D Gestenerkennung zweier Ansätze . . . . .	30
21.	Blinect Applikationsstruktur aus <a href="#">Dontschewa u. a. (2016)</a> . . . . .	31
22.	Fragen 1 und 2 . . . . .	35
23.	Fragen 3 und 8 . . . . .	35
24.	Fragen 4 und 4b . . . . .	36
25.	Fragen 5 und 7 . . . . .	37
26.	Fensterrollo schließen . . . . .	39
27.	Licht anschalten . . . . .	40
28.	Living Place Hamburg - 3D Modell . . . . .	40
29.	Interface der Fernbedienung . . . . .	41

30.	Beispiel einer Transkription . . . . .	43
31.	Schließen der Fensterrollos . . . . .	44
32.	Erfahrung mit Raumbezogenen Gesten (3D) . . . . .	46
33.	An- bzw. Ausschalten des Lichts . . . . .	47
34.	Laboraufbau aus <a href="#">Langbehn u. a. (2015)</a> . . . . .	51
35.	Systemarchitektur der Integrationsplattform für HCI Untersuchungen aus <a href="#">Ghose (2015b)</a> . . . . .	52
36.	Kinect 2 Skeleton aus <a href="#">Raiten (2011)</a> . . . . .	53
37.	Gestensteuerung Prototyp - Komponentendiagramm . . . . .	55
38.	Fensterrollo Gestensteuerung – Nutzer-Test . . . . .	56
39.	Fragebogen . . . . .	68
40.	Einverständniserklärung . . . . .	69

## **Tabellenverzeichnis**

1.	Aufstellung der Gesten zur Steuerung der Fensterrollos . . . . .	45
2.	Aufstellung der Gesten zur Steuerung des Lichtes . . . . .	48

## 1. Einführung

Smart Lösungen im Bereich der Wohnumgebung gehören zu einem Trend der letzten Jahre, bei dem automatisierte Steuerungsmöglichkeiten zur Unterstützung der Bewohner durch intelligente Technik eine zentrale Rolle spielen. Der Markt bietet eine Vielzahl von Lösungen an, die ein breites Spektrum an technologischen Ansätzen präsentieren. Ebenso variieren die Technologien in der Art der Interaktion und Bedienbarkeit und unterscheiden sich stark in der Sensorik. Bislang hat jedoch der Durchbruch beim Einsatz gestenbasierter Anwendungen nicht stattgefunden. Es können mehrere Ursachen identifiziert werden, die diesen Zustand begründen. Sehr unterschiedliche Bedürfnisse, sowie kognitive und physiologische Fähigkeiten der Benutzer erschweren es, eine universelle Schnittstelle, die mittels Gestik bedienbar wäre, bereitzustellen. Ein andauernder Interessenskonflikt der Anforderungen an ein solches System, zwischen der Einfachheit und Benutzerfreundlichkeit einerseits und der hohen Performance andererseits, trägt zur Komplexität bei.

Ein weiterer Aspekt liegt in der Natur der physikalischen Gebäude, Häuser und Wohnungen, die intelligente Lösungen erschließen sollen. Diese stellen eine Art von Langzeitinvestitionen dar. Somit stellt die richtige Wahl einer geeigneten Technologie insofern eine große Herausforderung dar, als dass diese dem Technologiewandel Stand halten muss. Ein geeigneter Weg, bei dem Anpassungen und Erkenntnisse über die Zeit und die fortschreitende technologische Entwicklung berücksichtigt und in bestehende Lösungen integriert werden können, ist gefragt.

Weiterhin muss die wachsende alternde Population berücksichtigt werden, die zugleich neue Bedürfnisse und Herausforderungen hinsichtlich Barrierefreiheit dieser Nutzergruppe aufdeckt, wie [Röcker \(2015\)](#) zeigt. Ebenso, wie von [Kita \(2009\)](#) vorgestellt, sind Unterschiede kultureller Natur, wie auch diejenigen, die durch die Persönlichkeit begründet sind, nicht zu vernachlässigen. Diese können sogar zu einer vollständigen Fehlinterpretation der ausgeführten Gesten, und somit der Absichten selber, führen. Es liegt in der Natur einer gestenbasierten Benutzerschnittstelle, dass der Freiheitsgrad der Bewegung während der Interaktion höher ist, als das bei den klassischen, GUI basierten Interfaces der Fall ist. Ein sichtbares oder haptisches Feedback bleibt hier allerdings oft aus. Dies erschwert eine eindeutige Interpretation zusätzlich, wie [Norman \(2010\)](#) zeigt. Andererseits öffnet diese Flexibilität weitere Möglichkeiten und Vorteile und bietet Raum für individuelle Ausdrucksfreiheit, wie von [Blaine und Fels \(2003\)](#) am Beispiel von Musik und Sprache gezeigt wurde.

Die Fülle der Input Devices und Sensoren, die auf dem Markt bereits vorhanden sind, liefert vielfältige Lösungsansätze in Form von Forschungsergebnissen, wie auch Produkten. Die

Übertragung der Ergebnisse ist jedoch oft limitiert und beschränkt sich auf spezialisierte, einzelne oder technische Aspekte einer Gesamtlösung. Eine systematische Untersuchung vorhandener Lösungen könnte gewinnbringend sein, indem die unterschiedlichen Ansätze integriert, erweitert und gegenseitig evaluiert werden könnten. Eine ausführliche Gegenüberstellung unterschiedlicher Lösungen und Funktionen wird selten durchgeführt und stellt durch die Art der heterogenen Umgebungen und die gewöhnliche Technologieviefalt eine große Herausforderung dar.

Die Verwendung neuester Technologien und Produkte dominiert viele der vorhandenen Untersuchungen und Forschungsarbeiten. Der Drang zum Neuen unterdrückt die Suche nach Gemeinsamkeiten und Integration der bereits vorhandenen Systeme. Im Laufe des vergangenen Jahrzehnts ist ein Trend erkennbar geworden, der die Ergebnisse der Wissenschaft in eine Vielzahl von Produkten für Endverbraucher auf dem Markt erscheinen lässt. Hierzu zählen z.B. Apple iPhone, Nintendo Wii, Microsoft Kinect, Hololens, Amazon Echo, Leap Motion, etc.

Der Einsatz neuester Technologie deckt jedoch nicht den Gesamtbereich an Anforderungen der Nutzer ab, die ein hohes Bedürfnis an individualisierten Lösungen haben und diese schätzen. Zusätzlich sind die Langlebigkeit und das Bestehen des technologischen Wandels die ersehnten Eigenschaften.

### 1.1. Zielsetzung

In dieser Arbeit wird gezeigt, dass Nutzer einer Smart-Home Umgebung bereit sind, auf gewöhnliche Steuerungselemente zu verzichten und ohne zusätzliche Devices mit ihrer Wohnumgebung zu interagieren. Es wird weiterhin untersucht, welche Vorstellung Nutzer darüber haben, wie sich eine, aus ihrer Sicht, natürliche Interaktion in einer Smart-Home Umgebung manifestieren soll und ob ein gestenbasierter Ansatz dafür geeignet ist. Die Arbeit soll zeigen, ob ein gemeinsames mentales Modell zwischen beliebigen Nutzern existiert, der die Vorstellung über die Steuerung von Devices mittels Gestik umfasst. In Folge dessen soll gezeigt werden, ob und wie ein natürliches und intuitives User Interface, der den persönlichen Vorstellungen und Bedürfnissen der Benutzer gerecht wird, umgesetzt werden kann.

Um die genannten Problemstellungen zu analysieren, wird zunächst eine Nutzerstudie vorgestellt. In der Studie wird untersucht, welche Gesten von den Nutzern bevorzugt werden, um mit ausgewählten Devices einer Smart-Home Umgebung zu interagieren. Hierbei soll besonders auf die persönlichen Vorstellungen und Bedürfnisse der Teilnehmer geachtet werden. Die Frage, ob eine Übereinstimmung bei der Wahl der Gesten und somit eine gemeinsame Vorstellung zwischen den zufälligen Teilnehmern der Studie vorhanden ist, wird dabei unter-

sucht.

Die Ergebnisse der Nutzerstudie dienen weiterhin als Grundlage der prototypischen Implementierung eines gestenbasierten Interfaces für das Smart Labor Living Place Hamburg. Das Ziel bei der Implementierung des Interfaces ist die Untersuchung einer leichtgewichtigen Methode, mit der gestenbasierte Schnittstellen umgesetzt werden können. Ein hoher Grad an Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit, sowie die Möglichkeit der Integration unterschiedlicher Technologien und Sensorik stehen dabei im Vordergrund. Der erste Prototyp des gestenbasierten Interfaces, der angelehnt an den User-Centred Design Ansatz entwickelt wurde, wird anschließend in einem User-Test validiert.

### 1.2. Aufbau der Arbeit

Neben der Einführung in den Forschungsbereich und der Zielsetzung, werden in dieser Masterarbeit im Kapitel 2 die Grundlagen vorgestellt, die zum besseren Verständnis der Arbeit beitragen sollen. Dazu gehören die Vorstellung des Konzepts von Ubiquitous Computing im Abschnitt 2.1, gefolgt von natürlichen und imaginären Benutzerschnittstellen im Abschnitt 2.2 und 2.3. Die Konzepte des User-Centred Design zur Entwicklung von Benutzerschnittstellen werden im Abschnitt 2.4 vorgestellt, gefolgt von einer Einführung in die Ideen und Problemstellungen einer gestenbasierten Steuerung im Abschnitt 2.5. Den Grundlagenkapitel schließt die Vorstellung des Smart Labors Living Place Hamburg im Abschnitt 2.6 ab.

Einen Überblick über die verwandten Arbeiten aus dem Bereich der Entwicklung natürlicher Benutzerschnittstellen und Human Computer Interaction gibt das Kapitel 3. In 3.1 wird ein Rückblick auf die Vision eines multimodalen Systems gegeben. Die Forschungsergebnisse verwandter Smart Labore werden in 3.2 und 3.3 präsentiert. Weiterhin werden in 3.4 Ansätze vorgestellt, die die Interaktion mit einer Smart-Home Umgebung mit zusätzlichen Hilfsgeräten ermöglichen. Das Kapitel wird mit den aktuellen Entwicklungen im Bereich der Natural User Interfaces im Abschnitt 3.5 abgeschlossen.

Folglich wird die von der Autorin durchgeführte explorative Nutzerstudie im Kapitel 4 vorgestellt. Die Zielsetzung zur Durchführung der Nutzerstudie wird im Abschnitt 4.1 erläutert, gefolgt von der Konzeption und der Durchführung im Abschnitt 4.2. Die Evaluation der Ergebnisse erfolgt im Abschnitt 4.3. Anschließend werden die Ergebnisse im Abschnitt 4.4 zusammengefasst und diskutiert.

Die prototypische Implementierung einer gestenbasierten Steuerung, basierend auf den Ergebnissen der durchgeführten Nutzerstudie, wird im Kapitel 5 vorgestellt. Zunächst wird die multimodale Integrationsplattform für HCI Experimente im Abschnitt 5.1 betrachtet, gefolgt von der Beschreibung des Prototyps, der basierend auf der Integrationsplattform implemen-

## 1. Einführung

---

tiert wurde, im Abschnitt 5.2. Abschließend werden die Ergebnisse des ersten User-Tests zur Validierung des Prototyps im Abschnitt 5.3 präsentiert. Die Zusammenfassung und der Ausblick werden im Kapitel 6 gegeben.

## 2. Grundlagen

### 2.1. Ubiquitous Computing

Anfang der 90-er Jahre hat Mark Weiser eine Vision vorgestellt, nach der Computer in das menschliche Leben so integriert werden, dass sie kaum noch wahrgenommen werden (vgl. [Weiser \(1991\)](#)). Dabei sollten die Maschinen die Menschen allgegenwärtig umgeben und sich der Umgebung vollständig anpassen. Der von Weiser geprägte Begriff *ubiquitous computing* bedeutet die nahtlose Integration und die Allgegenwärtigkeit von Computern in unserem Alltag. Dies kann sich z.B. durch die Möglichkeit des Mitführens von persönlichen Computern manifestieren. Dabei beschränken sich diese heutzutage nicht mehr nur auf ein Laptop oder Smartphone. Die Idee von Weiser hörte an der Stelle jedoch nicht auf. Neuartige Maschinen sollen Menschen als Begleiter dienen und unseren Alltag in möglichst vielen Bereichen bereichern und erleichtern. Um dies zu ermöglichen werden neuartige Wege der Interaktionen benötigt, die die klassische Eingabe durch Maus und Tastatur ablösen werden. In einer weiteren Ausbaustufe dieses Gedankens spricht Weiser über *disappearing computing*, also vom Verschwinden der Computer. Dies bezieht sich auf die Wahrnehmung von Computern durch Menschen. Gewünscht ist also eine Form von Interaktion mit Maschinen, bei der die Maschine als solche nicht mehr wahrgenommen wird. Einige Beispiele dafür liefert heutzutage eine moderne Haushaltstechnik wie ein Badezimmerspiegel, ein Bett oder eine Küchentheke, die mit Sensoren ausgestattet und an ein Netzwerk angeschlossen werden. Diese haben die Funktion der Computer, können aber als solche nicht direkt identifiziert werden.

Die neuartige Bereitstellung sowie die Integration von Maschinen in den menschlichen Alltag hat ebenfalls Auswirkung auf die Art der Mensch-Maschine-Interaktion. Die gewohnte Bedienung mit Maus und Tastatur muss neuen Eingabemethoden weichen. Eine *natürliche* Art von Interaktion ist gefragt. [Tripathi \(2005\)](#) führt diese Diskussion fort und weist in seinem Text auf weitere Herausforderungen, die die Allgegenwärtigkeit von Computern mit sich bringt. Die heutige Verfügbarkeit der verschiedenartigen Devices, die mitgeführt werden können, macht diese zu mächtigen Informationsträgern. Ubiquitous Computing wird auch als Third Wave oder auch von Alan. C. Kay als Third Paradigm Computing bezeichnet. Die erste Welle der 1940-er konzentrierte mehrere Menschen um einen Großcomputer. Die zweite Welle, die weiterhin anhält, stellt einem Menschen einen persönlichen Rechner gegenüber. Erst die dritte Welle bringt mehrere Computer, nicht nur die persönlichen, sondern auf der ganzen Welt, die dem Menschen dienen und ihn unterstützen sollen. Dabei änderte sich der Zugang zur Informationen drastisch. Die Bibliotheken, Radio und Fernsehen können durch die mobilen Geräte mit Internetzugang so gut wie ersetzt werden. Die neue Herausforderung für den HCI

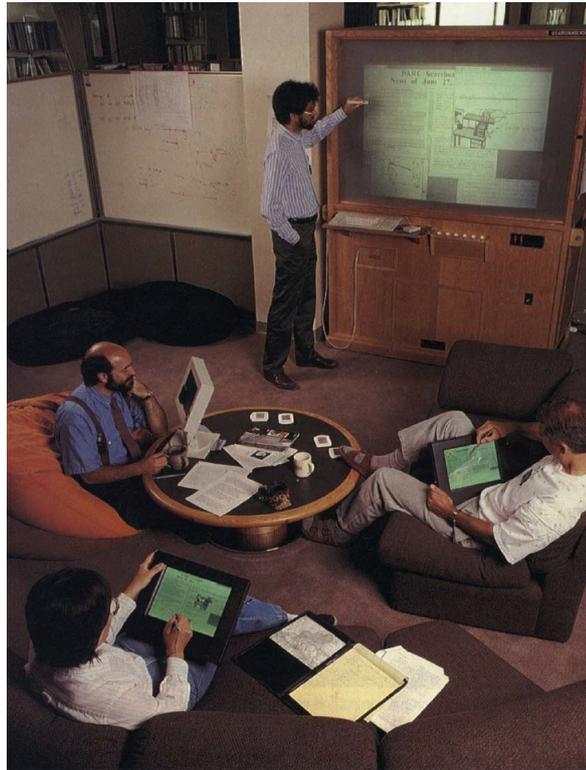


Abbildung 1: Ubiquitous Computing nach [Weiser \(1991\)](#)

Bereich stellen in dem Zusammenhang zum einen – die Aufbereitung der Informationen für die unterschiedlichen Geräte, an unterschiedlichen Orten und zu jeder Zeit und zum anderen – der Transfer der Menge an Informationen zu mehr Wissen.

### 2.2. Natural Interface

Einer der Bereiche von HCI beschäftigt sich mit natürlichen Formen der Mensch-Computer Interaktion. Eine natürliche Interaktion wird in der Literatur unterschiedlich interpretiert. Zum einen bezieht sich der Begriff auf die Eingabeform, die für den User bei der Interaktion verfügbar ist, wie z.B. Spracheingabe, Gesten, Touch-Eingabe. Diese wird den klassischen Formen der Interaktion mit Computern mit Hilfe von Maus und Tastatur gegenüber gestellt. Ein weiterer Aspekt bei der Betrachtung der Natürlichkeit ist die Erfahrung und Wahrnehmung, die der User während der Interaktion mit einem System macht ([Wigdor und Wixon \(2011\)](#)). Das subjektive Empfinden des Benutzers spielt hier eine Rolle. Eine Kombination von unterschiedlichen Eingabemethoden wurde 1980 von [Bolt \(1980\)](#) vorgestellt und als natürlich bezeichnet. Die natürliche Sprache wurde um das Aufzeigen (pointing) ergänzt, um Aktionen

auf einem großen Bildschirm ausführen zu können (siehe 2).

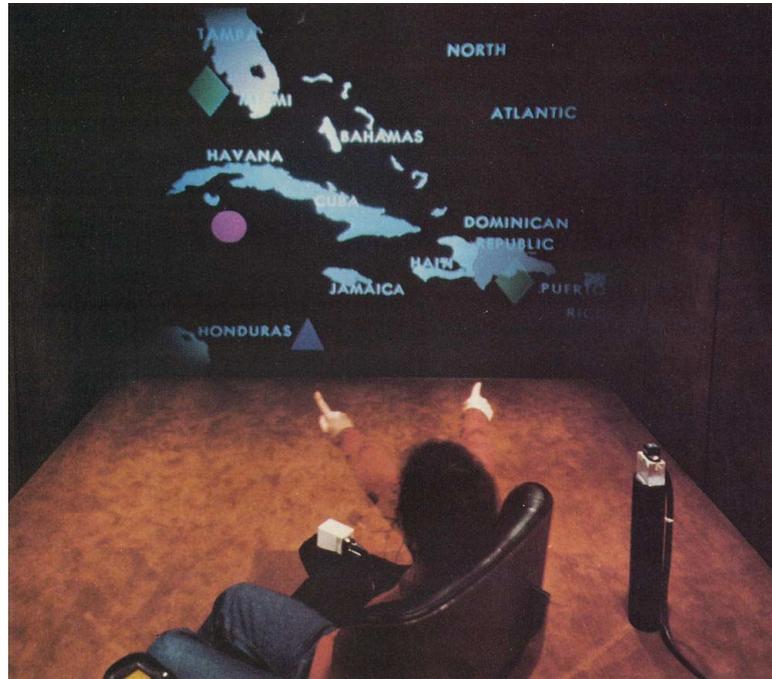


Abbildung 2: Natürliche Eingabe mit Sprache und Gestik in Put-That-There von Bolt (1980)

Daraus ergibt sich eine Reihe von Herausforderungen, die bei der Konzeption und dem Design von natürlichen Benutzerschnittstellen eine Rolle spielen. Ob Benutzer eine Interaktion als natürlich empfinden, hängt stark von dem mentalen Modell der zu bedienenden Komponente des Benutzers ab. Dieses kann bereits über Sprach- und Ländergrenzen hinaus unterschiedlich sein. Darauf weist Norman (2010) in seinem Artikel hin. In verschiedenen Kulturen können die gleichen Gesten unterschiedliche Bedeutung haben. Das Schütteln des Kopfes bedeutet etwas anderes in den westlichen Ländern, als dies z.B. in Indien der Fall ist. Dadurch ist die Entwicklung eines Interfaces, das für alle Benutzer universell und natürlich wahrgenommen wird, sehr schwierig.

Des Weiteren spielen die Fähigkeiten des Benutzers eine Rolle, seine Vorerfahrung und die damit verbundene Erwartung an das System. Der Benutzer soll in der Lage sein auf eine Art und Weise mit dem System zu interagieren, als ob das Interface mit ihm selbst verschmelzen würde. Alle Fähigkeiten, die der Benutzer besitzt, sollen optimal eingesetzt und unterstützt werden. Einige Beispiele aus dem Alltag können der Verdeutlichung dienen. Die Bedienung des Wasserhahns durch das mechanische Drehen des Hahnverschlusses wird heutzutage oft mit einem sensorgesteuerten Wasserhahn ersetzt. In dem Fall kann das Wasser alleine durch

das Halten der Hände unter dem Wasserhahn fließen. Folglich wird erwartet, dass das Wasser aus dem Hahn fließt, auch wenn die Sensorik nicht immer vorhanden ist. Ein ähnliches Phänomen kann man bei einer Tür beobachten, die mit Sensoren ausgestattet ist und automatisch geöffnet wird, wenn eine Person in die Nähe kommt.

Natürliche Interfaces werden auch im Spielbereich eingesetzt. Ein Beispiel hierfür ist der von [Weigel und Nebel \(2002\)](#) entwickelte Tischfußballroboter KiRo (Kicker-Roboter). Der Roboter wurde zunächst in Rahmen eines Forschungsprojekts an der Universität Freiburg konzipiert und erstmalig auf dem RoboCup-Wettbewerb vorgestellt (vgl. [RoboCup \(2012\)](#)). Es handelt sich hier um ein vollständig autonomes System, das in der Lage ist gegen einen menschlichen Spieler ein Tischfußballspiel zu bestreiten. Das System besteht aus vier Motoren, die an einer Seite des Tisches an den vier Stangen befestigt sind, einer Kamera, die über dem Spielfeld montiert ist und das Feld erfasst, sowie einer Computereinheit, die als zentrale Rechenkomponente dient. Die Daten zur Erkennung der Ballbewegung wurden zunächst durch die Bilderkennung aus den Kamerabildern gewonnen. Eine Hardwarearchitektur ist der [Abbildung 3](#) zu entnehmen und der erste KiRo-Prototyp ist auf der [Abbildung 4a](#) zu sehen.

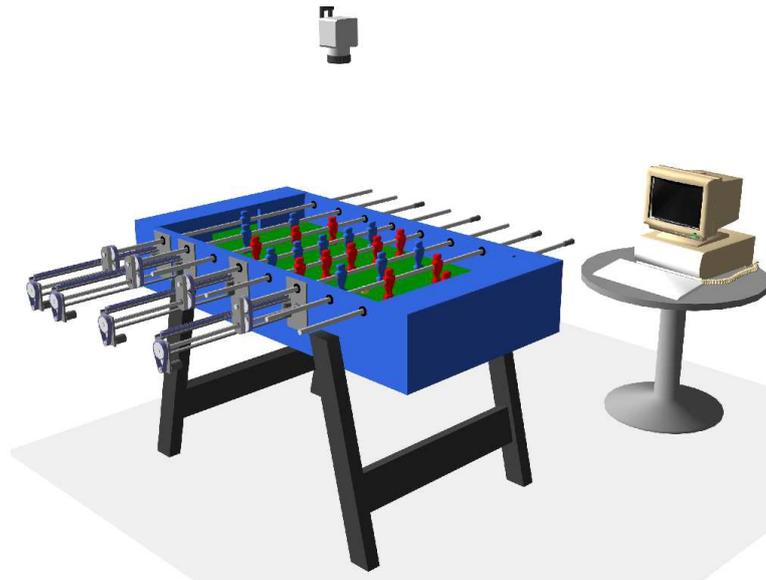


Abbildung 3: KiRo Hardwarearchitektur nach [Weigel und Nebel \(2008\)](#)

Die Entwicklung wurde im Laufe der Jahre verbessert und in der Dissertation von [Weigel \(2006\)](#) vollständig beschrieben. Anschließend, in Kooperation mit der Firma Gauselmann AG (vgl. [Gauselmann AG \(2014\)](#)), wurde das kommerzielle Produkt StarKick vorgestellt, das auf der [Abbildung 4b](#) zu sehen ist (vgl. [Weigel und Nebel \(2008\)](#)).



(a) KiRo Prototyp



(b) StarKick

Abbildung 4: Tischfußballroboter aus Weigel (2006)

Der Kickertisch stellt ein natürliches Interface für einen Spieler dar, der mit einem Computer interagieren kann, jedoch an einem gewöhnlichen Tisch das Spiel bestreitet. Es handelt sich hier um eine vollständige Integration der Maschine, sodass der Spieler keine Unterscheidung in der Interaktion zwischen einem menschlichen und einem Computergegner machen muss – was die Essenz eines natürlichen Interfaces ausmacht.

An diesem Beispiel kann weiterhin beobachtet werden, wie die Entwicklung eines natürlichen Interfaces vorangeschritten ist. Zunächst wurde ein gewöhnlicher Kickertisch verwendet und mit einer passenden Hardware und Sensorik sowie Steuereinheit erweitert. Dieser Prototyp mündete dann in einem vollständig integrierten Tischfußballroboter – StarKick. Hier sind keine Motoren mehr zu sehen, die externe Kamera ist ebenfalls verschwunden und wurde mit einer Infrarot-Kamera ersetzt, die unter der Tischplatte montiert wurde. Durch den höheren Grad der Hardware-Integration verschmelzt der Computer noch besser mit einem gewöhnlichen Kickertisch.

### 2.3. Imaginary Interface

Neben natürlichen Benutzerschnittstellen stellen Imaginary Interfaces eine weitere Abstraktionsstufe der Interaktion mit Computersystemen dar. Die Idee dabei ist, dass das physikalische Interface vollständig weggelassen werden kann. Der Benutzer wird dazu ermutigt, lediglich mit seiner Vorstellung eines Interfaces mit dem Computer zu interagieren. Haptische Objekte zur Bedienung stehen einem nicht zur Verfügung. Diesen Ansatz verfolgen [Baudisch u. a. \(2013\)](#) in deren Arbeit. In dem Beispiel handelt es sich um ein imaginäres Basketballspiel. In dem Spiel können wie gewohnt zwei Mannschaften gegeneinander antreten, wobei das Spiel ohne einen physikalischen Ball bestritten wird. Dafür kommt ein virtueller Ball zum Einsatz, bzw. die Vorstellung eines solchen Balls, der in den gegnerischen Korb geworfen werden muss.

Die Abbildung 5 zeigt einen beispielhaften Ablauf eines Spiels. Ein Spieler des orangenes Teams passt den Ball in die Richtung eines anderen Spielers in orange. Dieser fängt den Ball



Abbildung 5: Imaginäres Basketballspiel nach [Baudisch u. a. \(2013\)](#)

## 2. Grundlagen

---

und versucht zurückzuspielen, dabei fängt ein Spieler in schwarz den Ball und wirft ihn erfolgreich in den Korb. Das System, das dafür entwickelt wurde, ist in der Lage, Spieler auf dem Spielfeld zu verfolgen. Hierzu werden Markierungen an den Spielern und eine Kamera über dem Spielfeld angebracht. Somit können alle Bewegungen der Spieler überwacht werden. Die Ausrichtung des Kopfes eines jeweiligen Spielers wird interpretiert, um die Richtung des Ballwurfs abzuleiten. Um ein flüssiges Spiel herzustellen, wird eine Trajektorie des Balles gewählt, die dies ermöglicht.

Um an dem Spiel teilnehmen zu können, bedarf es keines speziellen oder aufwändigen Trainings. Die Kenntnis der Regeln eines gewöhnlichen Basketballspiel ist hinreichend. Die im Alltag erworbenen Fähigkeiten ermöglichen es, ein imaginäres Interface – nämlich den fehlenden Ball – wie gewohnt einzusetzen.

Diesen Ansatz verfolgt Baudisch u.a. gemeinsam mit [Gustafson u. a. \(2011\)](#), indem sie einen Prototyp eines imaginären Smartphones vorstellen. [Abbildung 6](#) zeigt die Idee beim Einsatz des Prototyps durch einen Benutzer.

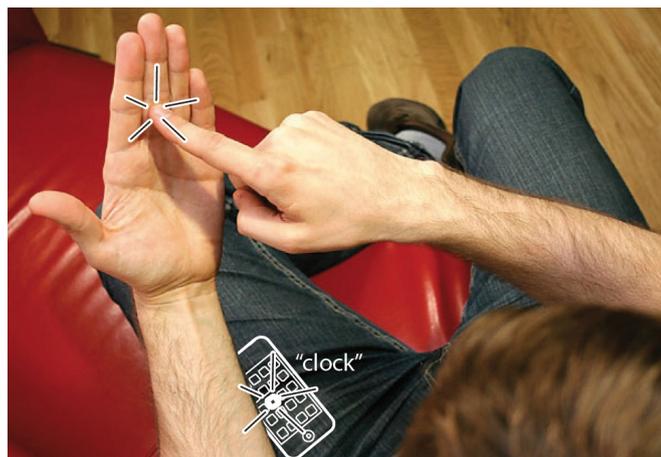


Abbildung 6: *Transfer learning* beim Benutzen eines imaginären Smartphones nach [Gustafson u. a. \(2011\)](#)

Die Idee von *imaginary interfaces* wurde von der Arbeitsgruppe in der Arbeit von [Gustafson u. a. \(2010\)](#) vorgestellt. Fortgeführt wird sie u.a. von [Lin u. a. \(2013\)](#), wo ein imaginärer Touch Panel vorgestellt wurde, mit dem Haustechnik, wie z.B. Fernseher oder Lüftung, gesteuert werden können. Auch [Steins u. a. \(2013\)](#) nutzen den Ansatz und stellen eine imaginäre Fernbedienung für den Fernseher vor.

### 2.4. User-Centred Design

Bei der Entwicklung von Benutzerschnittstellen wurde in den letzten Jahren immer mehr Wert auf die User-Perspektive und die Wahrnehmung gelegt. [Bannon \(2011\)](#) weist auf die Veränderung in der Herangehensweise beim Design von User Interfaces am Beispiel von Nokia<sup>1</sup>. Der Ansatz, eine Benutzerschnittstelle einzig im Hinblick auf ihre Ergonomie zu verbessern, wurde mit einer neuen Fragestellung ersetzt. Zum einen wurde eine leicht zu bedienende Schnittstelle immer wichtiger. Weiterhin wurde ein großer Wert auf die Bedürfnisse der Benutzer gelegt, sodass diese bestmöglich berücksichtigt werden können. Letztlich wurde der Bereich, in dem der Benutzer mit dem Interface interagiert, als Ganzes betrachtet, damit ein interessantes, intuitives und innovatives Interface entwickelt werden kann. Die Überlegung bezüglich der Rolle des Menschen in der Mensch-Computer-Interaktion fordert eine stärker User-bezogene Entwicklung. Die stetige Digitalisierung, die viele der Arbeitsplätze betrifft, wurde oft so optimiert, dass eine Maschine möglichst effizient eine Aufgabe erledigen kann. Der Benutzer, der diese bedienen sollte, musste sich dem Prozess und der Schnittstelle anpassen. Der User-Centred Design Ansatz setzt nun den User und seine Bedürfnisse in den Vordergrund. Ausgehend von der User-Perspektive sollen geeignete Werkzeuge und Schnittstellen entwickelt werden, die den User bei der Arbeit sowie im Alltag unterstützen. Dabei werden sowohl technische, wie auch soziale und institutionelle Aspekte berücksichtigt. Der User soll nicht nur als ein weiterer Aspekt im Designprozess berücksichtigt werden, sondern viel mehr als aktiver Akteur am Designprozess partizipieren und miteinbezogen werden.

Die Internationale Organisation für Normung ISO<sup>2</sup> hat im Jahre 1999 den Standard zur Entwicklung von benutzer-orientierten Gestaltung von interaktiven Systemen entwickelt. Der Standard „Human-centred design processes for interactive systems“ wurde zuletzt im Jahre 2010 überarbeitet (vgl. [ISO \(1999\)](#), [ISO \(2010\)](#)). Die hier aufgeführten Richtlinien definieren einen Prozess zur Entwicklung von qualitativen, interaktiven Systemen nach dem User-Centred Design Ansatz. Bei der Umsetzung sollen vor allem folgende vier Aktivitäten berücksichtigt werden (vgl. [Abbildung 7](#)):

- Benutzerkontext verstehen und spezifizieren
- Anforderungen der Benutzer und der Organisation spezifizieren
- Design-Lösungen vorstellen
- Design in Bezug auf die Anforderungen validieren

---

<sup>1</sup>[http://www.nokia.com/en\\_int/about-us/who-we-are](http://www.nokia.com/en_int/about-us/who-we-are)

<sup>2</sup><https://www.iso.org/home.html>

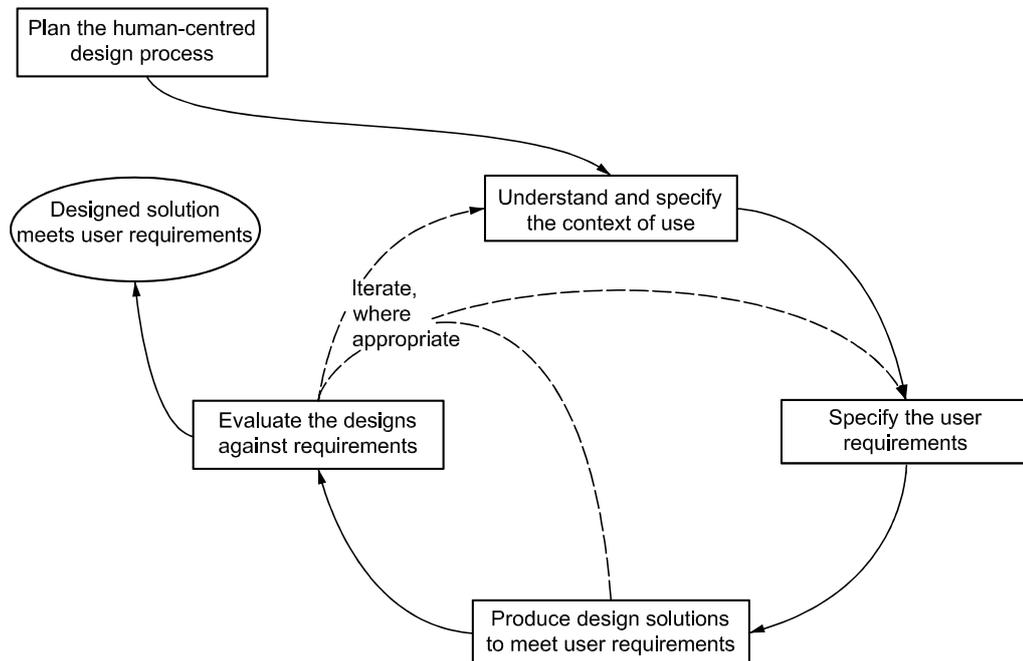


Abbildung 7: Gegenseitige Abhängigkeit der Aktivitäten im User-Centred Design Ansatz nach ISO (2010)

Das Vorgehen wird von [Benyon u. a. \(2005\)](#) ebenfalls diskutiert, wobei die Autoren einen weiteren Schritt gehen und weitere Techniken des User-Centred Design benennen. Es wird hier auf die Techniken der agilen Softwareentwicklung hingewiesen, bei denen Personas und Szenarien entwickelt werden, um Benutzer und Anwendungsbeispiele zu modellieren. Diese helfen dabei, die Benutzer, deren Bedürfnisse und Anforderungen, besser zu verstehen, diese im Designprozess zu berücksichtigen und folglich umzusetzen.

### 2.5. Gestensteuerung

Im HCI Bereich ist die Gestensteuerung eine Form der Interaktion zwischen Menschen und Computern, die in den letzten Jahren sehr an Bedeutung zugenommen hat. Zahlreiche Methoden und Werkzeuge zur Erkennung von Posen und Gesten wurden entwickelt und stets verbessert. Die Arbeiten von [LaViola \(2013\)](#) und [Mitra und Acharya \(2007\)](#) geben einen hervorragenden Überblick über die diversen Ansätze und Entwicklungen auf dem Gebiet.

In der Literatur wird explizit auf den Unterschied zwischen „Posen“ und „Gesten“ hingewiesen, da diese häufig miteinander verwechselt werden. Es wird demnach von einer Pose

gesprochen, wenn eine statische Körperhaltung gemeint ist (vgl. Abbildung 8).



Abbildung 8: Posen nach [Sharma u. a. \(2012\)](#)

Dynamische Bewegungen des Körpers, denen eine semantische, kontextabhängige Bedeutung zugeordnet werden kann, werden hingegen als Gesten bezeichnet (vgl. Abbildung 9).

Die Gestensteuerung, also der Einsatz des menschlichen Körpers als Steuereinheit, kann auf unterschiedliche Weisen erfolgen. Die Eingabe kann durch den gesamten Körper oder nur durch ausgewählte Körperteile, z.B. Hände, Finger oder Kopf, stattfinden. Die Steuerung mittels Kopfbewegung wurde von [Jia u. a. \(2007\)](#) vorgestellt. Das entwickelte System ermöglicht einem Rollstuhlfahrer die Steuerung des Rollstuhls durchzuführen, wobei nur der Kopf dabei bewegt wird. Die Lösung soll Menschen mit körperlichen Einschränkungen, für die eine Steuerung z.B. mit einem Joystick nicht möglich ist, dienen.

Die Erkennung von menschlichen Bewegungen stellt den ersten Schritt zur Gestenerkennung dar. Erst das Anreichern einer Bewegung um den Kontext fügt der Bewegung eine Bedeutung hinzu und kann folglich zur Gestenerkennung führen. Die Kontextualisierung ist unerlässlich für eine korrekte Deutung. Eine weitere Schwierigkeit besteht jedoch in der Erkennung, wann eine Geste beginnt und wann diese abgeschlossen ist. Das sog. „Start-Stopp-Problem“ oder auch „Midas-Touch-Problem“ stellt eine große Herausforderung für Gestenerkennung dar. Der Beginn und das Ende einer Geste sind nicht immer eindeutig zu erkennen. Dadurch kann es dazu kommen, dass Bewegungen unbeabsichtigt zur Ausführung von Aktio-

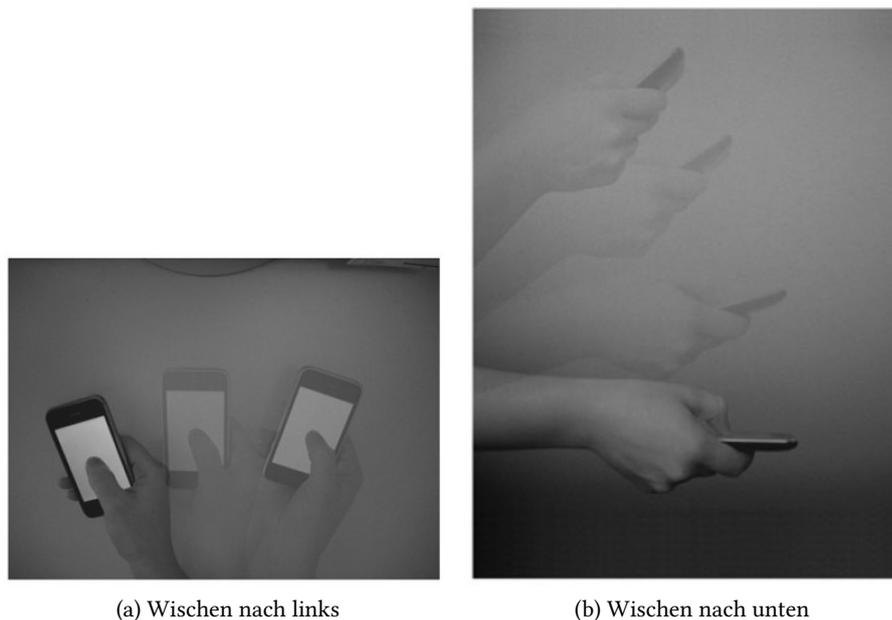


Abbildung 9: Gesten nach [Kühnel u. a. \(2011\)](#)

nen führen. Die erfassten Daten müssen segmentiert werden, bevor eine Klassifizierung der Geste durchgeführt werden kann. Manche Systeme ermöglichen dem User mit einer eindeutigen Aktion zu bestimmen, wann die Ausführung der Geste beginnt (vgl. [Kühnel u. a. \(2011\)](#)). In einem solchen Fall kann auf die Segmentierung verzichtet werden.

Es gibt mehrere Vorgehensmethoden zur Erkennung und Klassifizierung von Gesten. Diese lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen: analytische Verfahren, wie z.B. maschinelles Lernen (Hidden Markov Models, Support Vector Machines, Decision Trees and Forests, etc.) sowie normative Verfahren, wie Heuristiken. Letzteres wurde in der Arbeit von [Williamson u. a. \(2011\)](#) erfolgreich eingesetzt. Das entwickelte RealEdge System dient als interaktives Soldatentraining. Dabei soll der gesamte Körper zum Einsatz gebracht werden. Beim Training können unterschiedliche Übungen durchgeführt werden. Aktionen wie z.B. Gehen, Laufen, Wenden, Ducken oder Schießen werden unterstützt. Die Navigation sowie die Fortbewegung sind mittels Gestensteuerung realisiert. Die Bewegungen sollen möglichst natürlich und realistisch durchgeführt werden können.

Die Erfassung der Bewegung wurde mit Hilfe der Kinect-Kamera von Microsoft realisiert (vgl. [Microsoft Corporation \(2017\)](#)). Die Erkennung der Gesten (z.B. das Springen, in die Hocke gehen, das Gehen oder Laufen, Drehen) wurde mit Hilfe von Heuristiken umgesetzt. Mit einfachen Regeln konnte definiert werden, welche Voraussetzungen zur Differenzierung von Be-

wegungen notwendig sind. Als Beispiel dient die Heuristik, mit der das Springen definiert wurde:

$$J = H_y - \bar{H}_y > C \quad (1)$$

wobei  $H_y$  die aktuell gemessene Kopfposition in der  $Y$ -Richtung ist,  $\bar{H}_y$  für die durchschnittliche Kopfposition der gemessenen Person steht und  $C$  ein Schwellwert ist. Resultierend daraus ist  $J$  ein Boolean-Wert, der eine Aussage darüber gibt, ob in einem gegebenen Frame ein Sprung aufgetreten ist. Die Abbildung 10 zeigt das prototypische Setup von RealEdge.

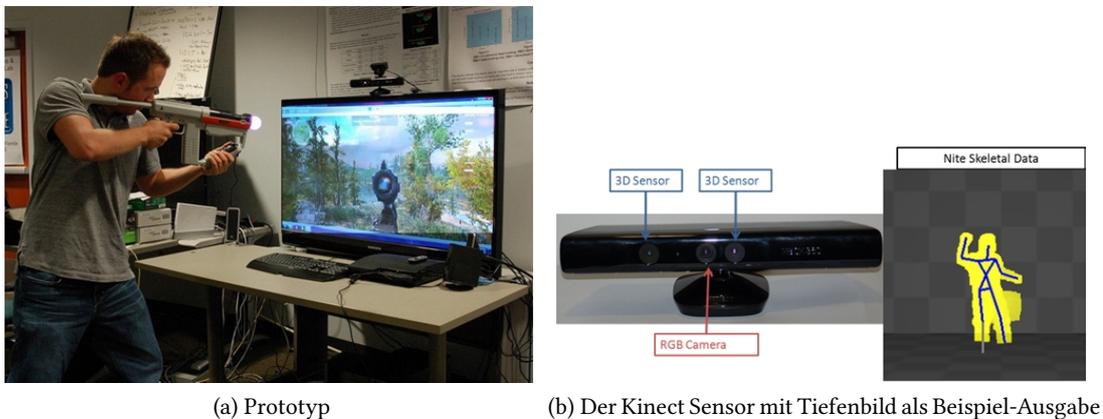


Abbildung 10: RealEdge Prototyp aus [Williamson u. a. \(2011\)](#)

### 2.6. Living Place Hamburg

Eine moderne und intelligente Wohnung hat den Auftrag, seinen Bewohnern eine vielseitige Unterstützung bei Aktivitäten im täglichen Leben zu bieten. Diesen Auftrag setzt das Projekt Living Place Hamburg der [HAW Hamburg \(2017\)](#) um. Das Projekt stellt eine Plattform für wissenschaftliche Experimente her und bietet Raum, in dem Technik und Wohnraum verschmelzen (vgl. [Rahimi und Vogt \(2011\)](#), [HAW Hamburg \(2017\)](#), [von Luck u. a. \(2010\)](#)). Es handelt sich hier um ein Labor und zugleich eine vollfunktionsfähige Wohnung. Auf dieser Basis ist es z.B. möglich, wissenschaftliche Untersuchungen z.B. im Kontext von Mensch-Maschine Interaktion durchzuführen. Durch die Verschmelzung des Wohn- und Laborraums können sich die Nutzer leichter in das vorgestellte Szenario hineinversetzen, da die Umgebung einer realen Wohnung sehr nahe kommt. Zusätzlich zur gewöhnlichen Wohnausstattung wurde das Labor u.a. um zahlreiche Kameras, Mikrofone und diverse Sensoren erweitert, um Audio-

## 2. Grundlagen

und Videoaufnahmen der Usability-Untersuchungen bereitstellen zu können. Die Digitalisierung dieses Wohnraums soll es ermöglichen, neue Paradigmen der HCI zu evaluieren. Einige Beispiele dafür liefern [Ellenberg u. a. \(2011\)](#), [Barnkow und von Luck \(2012\)](#) oder [Ghose \(2014\)](#).

Neben dem Wohnbereich, in dem Experimente durchgeführt werden können, verfügt die Wohnung über einen Arbeitsbereich und einen Kontrollraum. Die Abbildung 11 zeigt den Grundriss von Living Place. Die Trennung der Wohn- und Arbeitsbereiche wurde farblich betont, wobei der Wohnbereich entsprechend grün und der Arbeitsbereich gelb hinterlegt wurden. Im Bild wurde der Kontrollraum blau hinterlegt. Über diesen können Sensoren und Aktoren angesteuert und überwacht werden.



Abbildung 11: Living Place - Grundriss nach [Gregor u. a. \(2009\)](#)

Einige der bereits umgesetzten Szenarien ermöglichen die Steuerung von z.B. Licht, Fenster oder Rollos mit Hilfe einer webbasierten Anwendung (vgl. Abbildung 12).

## 2. Grundlagen

---

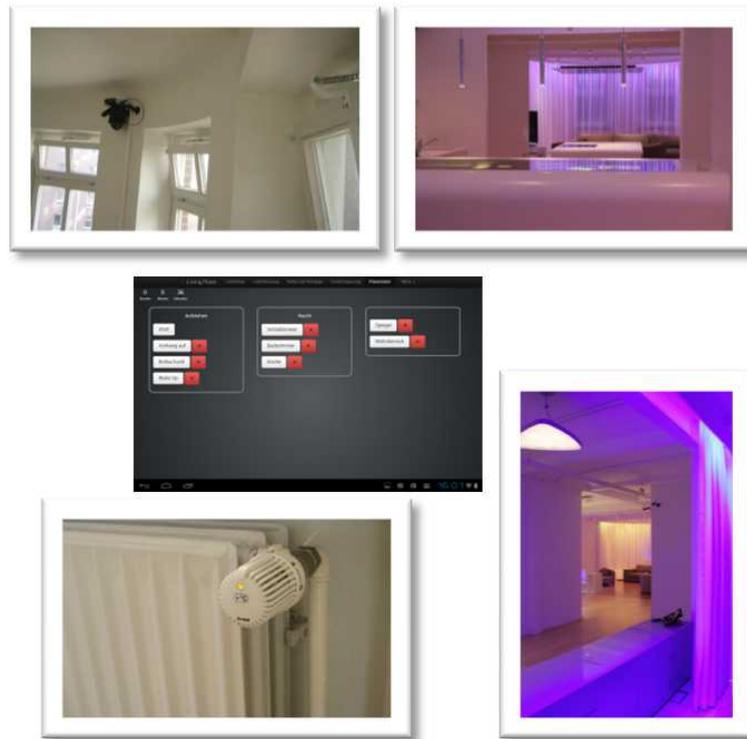


Abbildung 12: Gerätesteuerung im Living Place Hamburg aus [HAW Hamburg \(2017\)](#)

Die zugrunde liegende Blackboard-Architektur ermöglicht den Austausch von Informationen zwischen den installierten Aktoren. Dienste können sich am Austausch beteiligen, indem sie Informationen auf das Board schreiben oder lesend teilnehmen. Am Board ist der Gesamtzustand aller gemeldeten Systeme abrufbar. Ein Überblick der Architektur kann der Abbildung [13](#) entnommen werden.

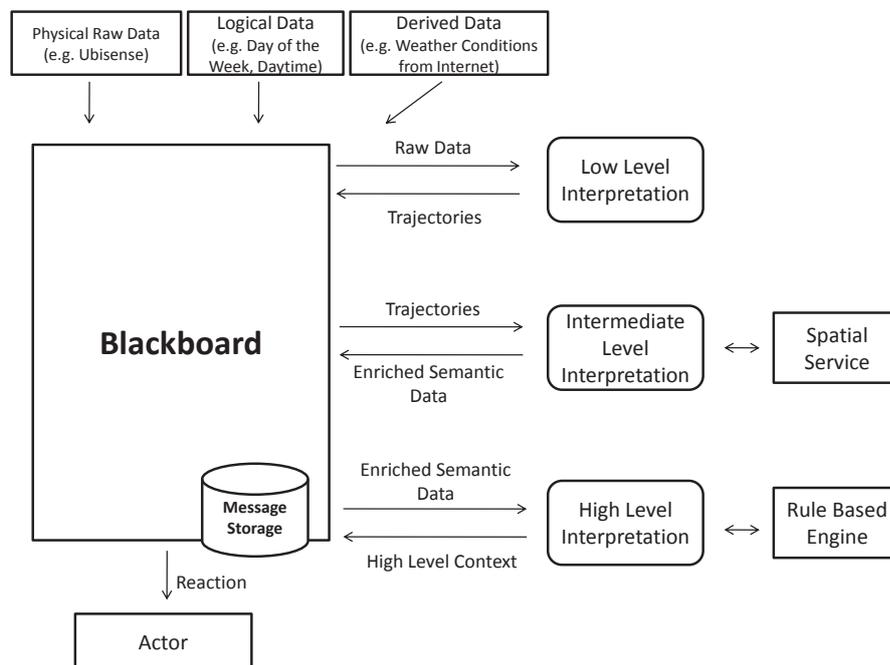


Abbildung 13: Blackboard Architektur des Living Place nach [Ellenberg u. a. \(2011\)](#)

### 3. Verwandte Arbeiten

In diesem Abschnitt werden einige Arbeiten aus den Bereichen Natural User Interface und Gestensteuerung vorgestellt. Diese behandeln einige der Aspekte der Fragestellung, die in dieser Masterarbeit behandelt werden. Es soll hierdurch eine Übersicht über die unterschiedlichen Techniken sowie den Technologiestand auf dem Gebiet der Entwicklung gestenbasierter Interfaces gegeben werden.

#### 3.1. Put-that-there

Einen besonderen Stellenwert hat die Arbeit von Bolt (1980), die bereits im Abschnitt 2.2 erwähnt wurde. In der Arbeit wird ein multimodales System vorgestellt, mit Hilfe dessen durch Spracheingabe und Zeigegesten Benutzereingaben möglich sind. Das Einsatzszenario spielt sich in einem Mediaraum ab, in dem mit einem großen Display interagiert werden kann. Eine Beispieleingabe würde wie folgt ablaufen:

- Benutzer zeigt auf eine Stelle auf dem Großdisplay
- ein visuelles Feedback in Form eines „x“ erscheint auf dem Display
- Benutzer sagt z.B. „Erstelle dort ein blaues Viereck.“
- ein blaues Viereck erscheint an der Stelle, wo der Benutzer zuvor hingezeigt hat

Die Objekte auf dem Display können ebenfalls bewegt werden, sodass Aktionen in der Form „Put that there“ ausgeführt werden können. Die Verwendung und Kombination von Spracheingabe und Gesten ermöglicht an dieser Stelle eine spontane und natürliche Interaktion mit dem Display.

#### 3.2. Soft remote control system in the intelligent sweet home

Eine weitere Arbeit, die im Smart Home Bereich durchgeführt wurde, kommt von Bien u. a. (2003) und wurde in u.a. den Arbeiten Kim u. a. (2003), Do u. a. (2005), Yang u. a. (2006) und Do u. a. (2006) fortgeführt. Die Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts „Intelligent Sweet Home“ durchgeführt. Fokus des Projekts war die Entwicklung eines Benutzer-freundlichen Systems zur Mensch-Maschine Interaktion in einer intelligenten Wohnung. Die Benutzergruppe, die dabei im Vordergrund steht, erschließt ältere Menschen sowie Menschen mit Behinderungen. Das System unterstützt die Steuerung ausgewählter Haustechnik mit Hilfe von vorgegebenen Handgesten. Die Erfassung der Gesten wird mit einer CCD Kamera realisiert. Geräte,

deren Position im Raum zuvor erfasst und gespeichert wurde, können angesprochen werden. Durch das Zeigen auf ein Gerät, kann dieses ausgewählt werden. Ein ausgewähltes Gerät wird dadurch für eine feste Zeiteinheit von eine paar Sekunden aktiviert, sodass in der Zeit eine Handgeste zur Steuerung des Geräts ausgeführt werden kann. Wird in der vorgegebenen Zeit keine Handgeste erkannt, wird das ausgewählte Gerät automatisch abgewählt. Zur besseren Erkennung der Hand im Raum wird ein blau-roter Marker-Band am Handgelenk benutzt (vgl. Abbildung 14a). Die Ausrichtung der Hand wird mittels zwei Kameras erfasst und anhand der extrahierten Kameradaten berechnet. Die Berechnung des Vektors der Hand-Orientierung im globalen Koordinatensystem erfolgt wie in Abbildung 14b zu sehen.

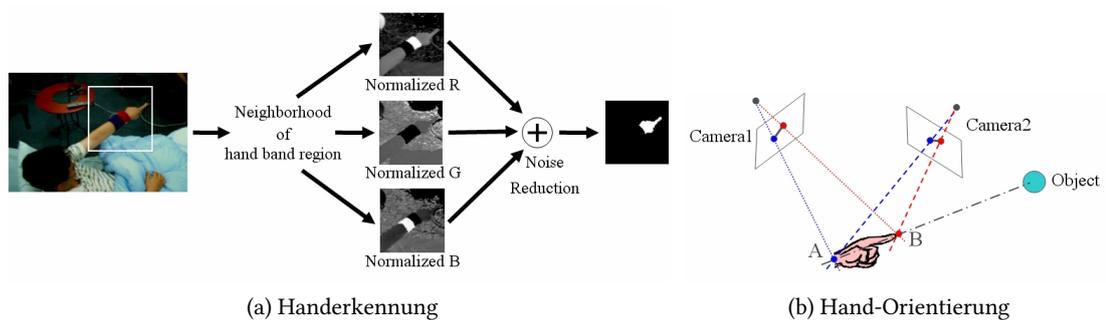


Abbildung 14: Soft Remote Control in „Intelligent Sweet Home“ von [Bien u. a. \(2003\)](#)

Zur Steuerung werden zehn unterschiedliche Handgesten verwendet, die vom System vorgegeben sind. Die ausgewählten Gesten wurden in einer User-Studie auf die Einfachheit in der Ausführung hin untersucht (vgl. [Kim u. a. \(2003\)](#)). Alle der vorgegebenen Gesten wurden als einfach bewertet. Die eingesetzten Gesten sind der Abbildung 15 zu entnehmen.

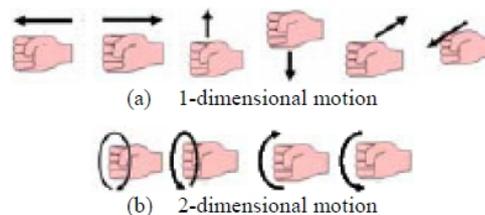


Abbildung 15: Gesten im Soft Remote Control System

Das System bietet weiterhin ein visuelles sowie Audio-Feedback an, sodass beispielsweise bei einer misslungenen Selektion der Benutzer durch einen Hinweis seine Eingabe korrigieren kann. Zur Erkennung der Handgesten wurde zunächst ein hierarchischer Klassifikator benutzt, der 1-dimensionale und 2-dimensionale Gesten klassifiziert hat. Die Handbewegung wurde dann mit Hilfe eines Hidden Markov Model (HMM)-basierten Ansatzes unterschieden

und auf die vordefinierten Gesten abgebildet. Zur einfachen Bestimmung, wann eine Geste beginnt und wann diese endet, wurden im System einige einfache Regeln eingeführt. Zum Beispiel wurde angenommen, dass als Indikator vor der Ausführung einer Geste, die Hand in einer bestimmten Position für eine bestimmte Zeiteinheit gehalten wird. Erst danach wird die eigentlich Geste zur Steuerung eines Geräts ausgeführt. Durch den Einsatz dieser und weiterer ähnlichen Heuristiken konnte die Erkennung der 3D Gesten vereinfacht werden. Die Autoren haben von einem User-Centred Design Ansatz bei der Ermittlung geeigneter Gesten abgesehen. Es wurde darauf hingewiesen, dass dies den nächsten, notwendigen Schritt in der Weiterentwicklung des Systems darstellt.

#### 3.3. An Intelligent Smart Home Control Using Body Gestures

Die von [Kim und Kim \(2006\)](#) entwickelte *forward spotting scheme* Methode ermöglicht es, die Segmentierung sowie Erkennung von Handgesten gleichzeitig durchzuführen. Die erkannten Gesten werden zur Steuerung von Vorhängen sowie des Lichtes in einem Smart Home verwendet. Eine Technik des Schiebefensters wurde verwendet, um eine beobachtete Wahrscheinlichkeit der Ausführung einer oder keiner Geste zu bestimmen. Der Startpunkt einer Geste kann demnach festgestellt werden, wenn der *zero crossing point*, also ein Wechsel in der beobachteten Wahrscheinlichkeit vom negativen zum positiven Wert, eingetreten ist. Umgekehrt kann das Ende der ausgeführten Geste bestimmt werden. Zwischen diesen beiden Ereignissen wird die Gestenerkennung mit Hilfe von HMM durchgeführt. Es werden insgesamt acht Gesten vorgegeben, die in der [Abbildung 16](#) zu sehen sind. Sechs davon manipulieren die Vorhänge und zwei weitere schalten das Licht an und aus.

Es wurden zwei unterschiedliche Methoden zur Segmentierung der Gesten evaluiert - eine automatische und eine manuelle. Die Tests haben gezeigt, dass bessere Ergebnisse (mehr als 4%) erzielt werden, wenn die Segmentierung automatisch erfolgt. Die Genauigkeit wurde daran gemessen, wie gut jeweils die Start- und Endpunkte der ausgeführten Gesten erkannt wurden. Die Größe des gewählten Schiebefensters ist dabei jedoch entscheidend. Weiterhin wurden die Methoden der Gestenerkennung mit einem manuell gesetzten Schwellwert und automatisch erkannten Start- und Endpunkt verglichen. Auch hier wurden die Ergebnisse des automatischen Verfahrens besser, diesmal um 3.75%. Dabei wurden für jede der acht Gesten jeweils 60 Sequenzen durchgeführt, insgesamt also 480 Sequenzen. In der Arbeit wurde jedoch nicht darauf weiter eingegangen, ob die Tests mit Testpersonen oder auch in welchem Rahmen die Tests durchgeführt wurden.

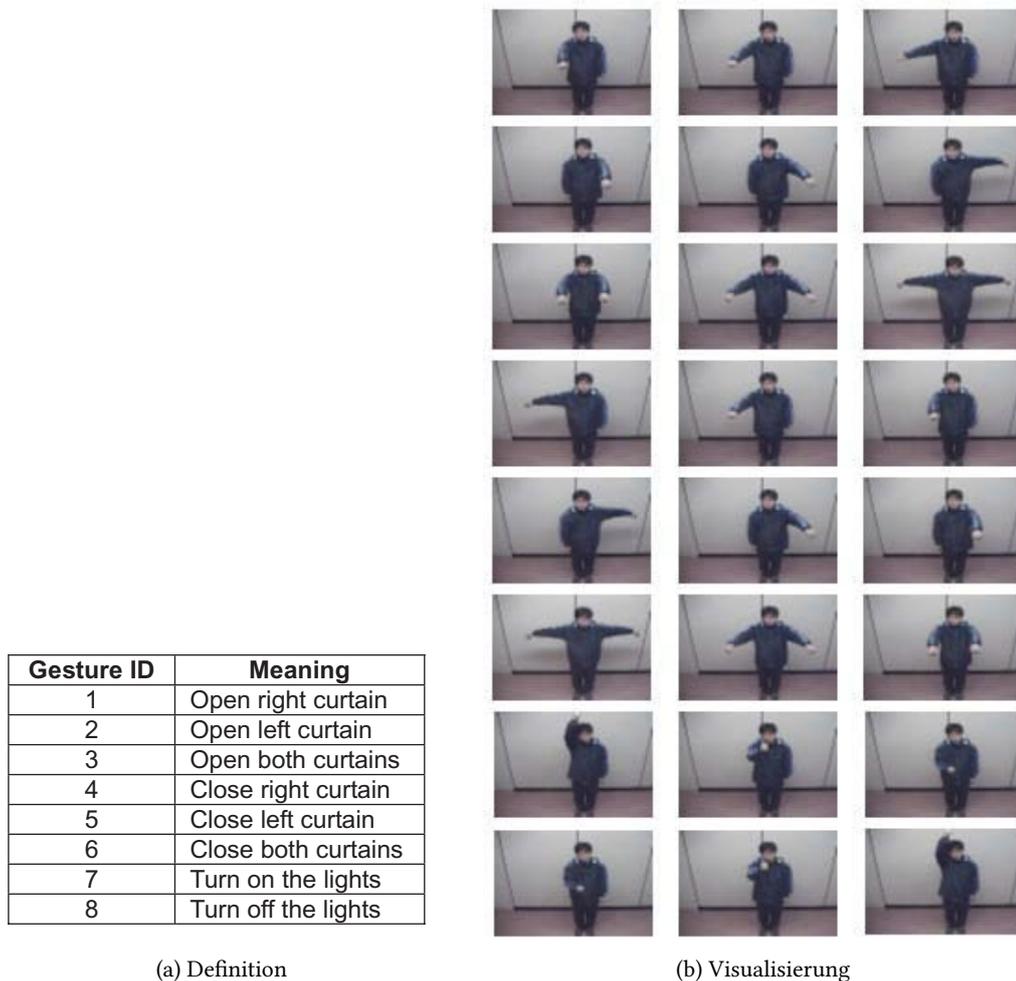


Abbildung 16: Acht verschiedene Gesten aus [Kim und Kim \(2006\)](#)

### 3.4. Smart-Home Control mit Hilfsgeräten

In diesem Abschnitt werden Arbeiten vorgestellt, die sich mit der Steuerung von Haustechnik in Smart-Home Umgebungen beschäftigen, wobei die Ausführung der Gesten mit einem Hilfsgerät erfolgt.

#### 3.4.1. I'm home: Defining and evaluating a gesture set for smart-home control

Die Steuerung von Haushaltsgeräten in einem Smart-Home mit Hilfe eines mobilen Telefons (Smartphones) ist der Bestand der Arbeit von [Kühnel u. a. \(2011\)](#). Die Autoren stellen die Entwicklung eines User-Interfaces zur Gestensteuerung vor, angelehnt an die Methode von [Wob-](#)

[brock u. a. \(2009\)](#), die für Anwendungen an Multitouch-Tischen entwickelt wurde. Die Allgegenwärtigkeit eines Smartphones für Nutzer der hochentwickelten Länder soll die Benutzung und Bedienung eines solchen Interfaces mit einem Smartphone sehr einfach und leicht zugänglich machen. Weiterhin besitzen Smartphones immer mehr Sensoren, die es ermöglichen, die Geräte vielfältig einzusetzen und nicht nur zwecks Telefonie oder Nachrichtenvermittlung zu benutzen. Die Verbindung der Steuerung eines Smart-Homes durch Smartphones wird als eine sinnvolle und logische Konsequenz zur Verbindung der beiden Welten miteinander gesehen. Dadurch soll der Gerätewechsel von Smartphone zu weiteren Fernbedienungen und Schaltern, die im Haushalt verteilt untergebracht sind, vermieden werden.

Die Arbeit konzentriert sich auf der Bedienung von Haustechnik sowie Bürogeräten mit Hilfe von Schnittstellen, die in der Hand gehalten werden, wie z.B. Fernbedienung. Das entwickelte Interface benutzt ein Smartphone ausgestattet mit einem Beschleunigungssensor zur Ausführung von Gesten. Eine einfache GUI auf dem Smartphone wird benutzt, um das Gerät auszuwählen, das manipuliert werden soll. Weiterhin wurden die folgenden Aspekte untersucht:

- sind Benutzer generell an einer gestenbasierten Steuerung in der Haushaltsumgebung interessiert?
- welche der Geräte möchten die Benutzer mit Hilfe von Gesten steuern können?
- bevorzugen die Benutzer ein vorgegebenes Set von Gesten, oder möchten sie diese selbst bestimmen können?

Zunächst wurde in einer User-Studie ein Set von Gesten ermittelt, die als einfach auszuführen und zu erlernen sowie intuitiv, ergonomisch und logisch eingesehen wurden. Die Benutzer wurden hiermit in den Designprozess involviert. Insgesamt wurden aus 18 Teilnehmern und 23 Aktionen auf 7 Geräten (wie z.B. Vorhänge, Lampen oder TV) 414 Gesten erfasst. Einige der Gesten wurden mehrfach verwendet, d.h. eine und dieselbe Geste wurde zur Steuerung mehrerer Geräte benutzt. Weiterhin wurde untersucht, wie gut sich die Gesten im Gedächtnis einprägen lassen, wie gut diese auf die korrespondierenden Geräte angepasst sind sowie die Einfachheit in der Ausführung. Das final ermittelte Gesten-Set kann der Abbildung 17 entnommen werden.

Eine Klassifizierung der Gesten wurde vorgenommen, die an das Vorgehen von [Wobbrock u. a. \(2009\)](#) angelehnt wurde. Vier Dimensionen wurden hier definiert, um die Gesten einzuordnen:

- Form – unterscheidet statische (Posen) und dynamische (Geste, Pfad) Ausführung. Ca. 75% der ausgeführten Gesten waren hier dynamische Gesten

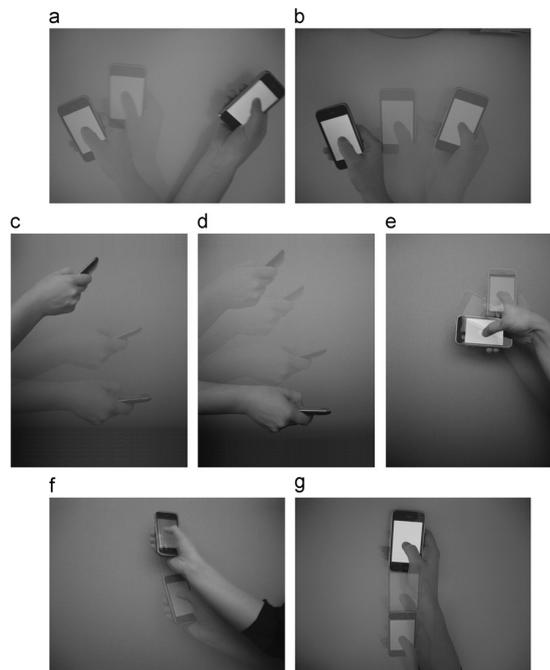


Abbildung 17: Gestensatz aus [Kühnel u. a. \(2011\)](#). (a) nach rechts wischen; (b) nach links wischen; (c) nach oben wischen; (d) nach unten wischen; (e) neigen; (f) nach unten und oben bewegen; (g) vorwärts zeigen.

- Natur – unterscheidet symbolische (z.B. zeichnen eines Fragezeichens), physische (z.B. das Hochziehen von Fensterrollos), metaphorische (z.B. das Betätigen eines imaginären Knopfes) und abstrakte (eine willkürliche Zuordnung) Gesten
- Bindung – sagt aus, ob eine Geste sich nur auf das zu manipulierende Gerät bezieht, oder ob die Umgebung mit berücksichtigt wird
- Ablauf – sagt aus, ob eine Geste kontinuierlich oder diskret ausgeführt wird

Symbolische Gesten werden meist als sehr komplex eingestuft. Physikalische Gesten haben eine hohe Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung zwischen den Versuchspersonen und einen hohen Wiedererkennungswert. Die meisten der ermittelten Gesten waren diskret.

#### 3.4.2. A Gesture Based System for Context-Sensitive Interaction with Smart Homes

Die Arbeit von [Neßelrath u. a. \(2011\)](#) stellt ein System zur Interaktion mit einer Smart-Home Umgebung vor. Die Steuerung erfolgt mit Hilfe einer WiiMote Fernbedienung der Firma Nin-

tendo<sup>3</sup>, die mit einem dreidimensionalen Beschleunigungsmesser ausgestattet ist. Die Zielgruppe, für die das System konzipiert wurde, sind ältere Menschen. Die Anzahl der unterschiedlichen Gesten soll möglichst klein bleiben, damit diese leicht zu erlernen bleiben. Um das zu erreichen, werden Kontextinformationen benötigt, die das vom User fokussierte Gerät kenntlich machen. Somit können gleiche Gesten mehrfach verwendet werden. Der User kann ein Gerät auswählen, indem er durch die vorhandenen Geräte mit den Pfeiltasten auf der Wii-Fernbedienung durchschaltet. Ein Gerät mit Audio-Feedback im Raum gibt eine Rückmeldung darüber, welches der Geräte gerade ausgewählt wurde.

Das System erschließt die Bedienung von Küchengeräten, wie z.B. Herd oder Lüfter der Abzugshaube bzw. Licht oder Fernseher. Eine User-Studie wurde durchgeführt, um zwei Konzepte der Interaktion miteinander zu vergleichen. Das selbstentwickelte Framework TaKG (Toolkit zur automatischen Klassifikation von Gesten), das speziell zur Erkennung von Gesten aus Signalen des 3D-Beschleunigungsmesser konzipiert wurde, sorgt für die Gestenerkennung. Zusätzlich ist das Aufnehmen und Erlernen neuer Gesten, das mit Hilfe von neuronalen Netzen sowie Supported Vektor Machine realisiert wurde, mit dem Framework möglich.

Eine User-Studie mit 13 Probanden wurde durchgeführt, um Gesten zur Steuerung von ausgewählten Haushaltsgeräten zu bestimmen. Die Studie untersuchte zwei unterschiedliche Ansätze. Zum einen wurden die Geräte jeweils einzeln angesteuert. Im weiteren Test wurden Szenarien definiert, die mehrere Geräte gleichzeitig manipuliert haben, z.B. der Fall „ins Bett gehen/Haus verlassen“ schaltet eine vordefinierte Gruppe von Geräten mit einer einzigen Geste aus. In einer Evaluation wurde untersucht, welcher der beiden Ansätze effizienter ist. Dazu wurden die Ausführungszeiten sowie persönliche, subjektive Eindrücke erfasst. Die kontext-behaftete Steuerung wurde dabei von fast 85% der befragten positiv bewertet. Die Steuerung mehrerer Geräte gleichzeitig, die als Abkürzung bezeichnet wurde, wurde ebenfalls durch die Mehrheit (ca. 70%) als hilfreich empfunden. Hinzu kommt, dass die Ausführungszeit des Szenario-basierten Ansatzes kürzer ist, was ebenfalls positiv bewertet wurde.

#### 3.4.3. Characteristics of Hand Gesture Navigation: A Case Study Using a Wearable Device (MYO)

Durch praktische Erkenntnisse aus User-Studien möchten die Autoren [Mulling und Sathiyarayanan \(2015\)](#) in ihrer Arbeit Design und Entwicklung von gestenbasierten Applikationen besser erkunden. Die Ausführung von Gesten erfolgt hier mit Hilfe eines MYO Armbands<sup>4</sup>. Ziel der Arbeit ist es, ein besseres Verständnis über die Interaktion mittels tragbarer Devices

---

<sup>3</sup><http://www.nintendo.com/wiiu/accessories>

<sup>4</sup><https://www.myo.com/>

zur Gestenausführung und Applikationssteuerung zu gewinnen.

In der durchgeführten Studie, an der 23 Personen teilgenommen haben, wurde der Fokus auf die Entwicklung von Gesten für die Navigation einer Landschaftskartenanwendung gelegt. Der Unterschied zwischen dem Einsatz von tragbaren Devices, im Vergleich zu kamerabasierten Systemen zur Gestenerkennung (wie z.B. beim Einsatz von Kinect oder Leap Motion), wird hier verdeutlicht. Ein Vorteil des Armbands liegt z.B. in einer besseren Differenzierung beim Übereinanderlegen der Arme oder Hände. Eins der Nachteile des Armbands besteht darin, dass die Gesten oft sehr betont ausgeführt werden müssen, da es sonst zu Missverständnissen und Fehlerkennung kommt. Dies, gemeinsam mit der Notwendigkeit der wiederholten Ausführung der Gesten, kann wiederum schnell zur Ermüdung sowie Frustration führen. Eine weitere Einschränkung liegt darin, dass das Armband insgesamt nur 5 unterschiedliche Gesten erkennen kann. Das ist eine Einschränkung, die sich ebenfalls auf die User-Akzeptanz auswirken kann. Das Armband kann durch Antippen aktiviert werden, sodass nur dann die ausgeführten Gesten erkannt werden. Dies löst das Problem eines unendlichen Datenstroms und somit auch das Start-Stopp-Problem bei der Gestenerkennung.

Um durch die Landkarte navigieren zu können, wurden die Aktionen Zoom, Schwenken sowie Fokussierung mit entsprechenden Gesten umgesetzt. Die Abbildung 18 zeigt die Bedeutung der einzelnen Gesten in der Applikation. Die Versuchspersonen, die an der Studie

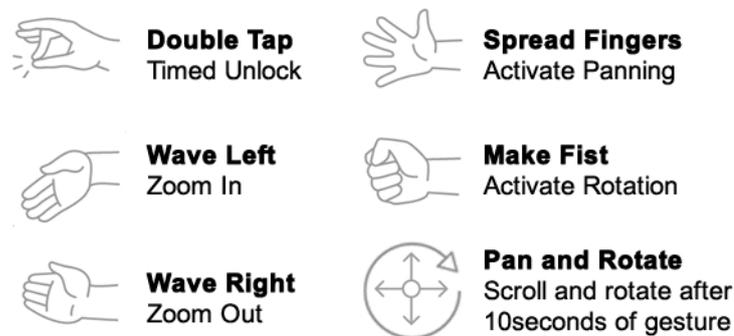


Abbildung 18: MYO Gestenset zur Landkartensteuerung

teilgenommen haben, wurden gebeten bestimmte Aufgaben mit Hilfe von MYO und den vordefinierten Gesten durchzuführen. Abschließend wurden folgende Aspekte anhand eines Fragebogens untersucht (Bewertungsskala 1-5, wobei 5 = stimme voll zu und 1 = stimme gar nicht zu)

- soziale Akzeptanz - die meisten Benutzer bewerten diese positiv. Durchschnittliche Bewertung 1.6

- Leichtigkeit beim Erlernen und bei der Verwendung - Lernbarkeit (Durchschnitt 1.78) sowie Benutzbarkeit (Durchschnitt 1.69) wurden als schwer eingestuft
- Komfort und Eignung zur Gestenausführung - die meisten Studienteilnehmer bewerteten MYO als komfortabel (Durchschnitt 4.39). Die Eignung zur Ausführung verwandter Gesten wurde jedoch mangelhaft bewertet (Durchschnitt 1.26)
- Stresslevel und Aufwand bei der Ausführung - diese wurden hoch eingestuft (Durchschnitt 3.82). Die Werte variieren jedoch zwischen den einzelnen Gesten

Die Arbeit hat das Potenzial für Anwendungssteuerung mittels Gestik mit Einsatz des MYO Armbands gezeigt, wobei Verbesserungen sowohl am Gerät selber wie auch an der GUI der Anwendung notwendig wären. Eine Optimierung in der Navigationssteuerung sowie in der Performance wäre ebenfalls wünschenswert. Die Einbeziehung der Benutzer in den Designprozess, die in einem User-Centred Design münden kann, wurde von den Autoren im Ausblick empfohlen.

### 3.5. Aktuelle Entwicklungen im Natural User Interface Bereich

#### 3.5.1. Integration of Natural User Interface in a Real-World Environment

Eine der Herausforderungen, vor der [Subramanian \(2015\)](#) in seiner Arbeit gestellt wurde, ist eine neue Form der Gestaltung von Schulunterricht. Traditionelle Lehrmethoden haben die Schüler an staatlichen Schulen nicht hinreichend zur aktiven Mitarbeit motivieren und hinreißen können. Die Einbindung innovativer Technik sowie einer natürlichen Interaktion mit digitalen Inhalten soll das Unterricht bereichern und somit die Schüler dazu motivieren, aktiv und engagiert am Unterricht teilzunehmen. Dadurch sollen die Qualität des Unterrichts und die Studienergebnisse verbessert werden.

Die präsentierte Lösung wurde im Rahmen eines Studienprojekts entwickelt. Die Applikation stellt ein User Interface bereit, das mit Hilfe von Gesten bedient werden kann. Zur Erfassung der Benutzer wird als Sensor eine Microsoft Kinect Kamera verwendet. Die Applikation unterstützt den Nutzer dabei, eine optimale Positionierung zum System zu erreichen, sodass die Bedienung störungsfrei verlaufen kann. Das Setup des Systems umfasst den Kamerasensor, die Recheneinheit und einen Projektor, der die Inhalte darstellt. Die Applikation unterstützt eine Reihe an Szenarien z.B. aus Chemie- oder Physikunterricht. Zunächst wird ein Benutzer an der richtigen Stelle zum Sensor positioniert. Es können dann, je nach Unterricht, z.B. unterschiedliche, virtuelle Chemikalien auf eine interaktive Art zusammengestellt

### 3. Verwandte Arbeiten

werden, Gefäße aufgefüllt oder erwärmt werden. Die Abbildung 19 zeigt zwei Experimente aus dem Chemie und Optik Bereich.

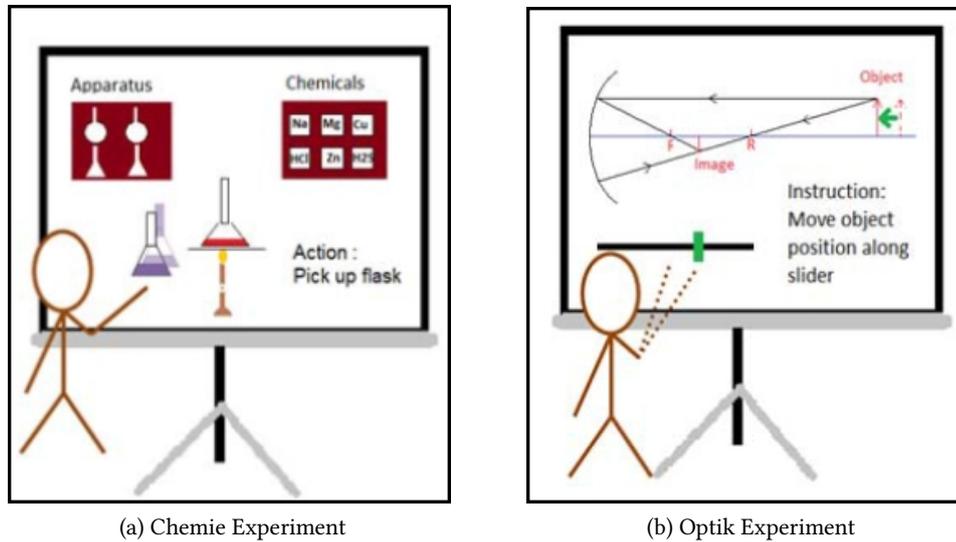


Abbildung 19: Experimente mit Einsatz von Natural User Interface aus [Subramanian \(2015\)](#)

Diverse Optionen und Menüs werden zur Auswahl angeboten. Die durchgeführten Benutzereingaben werden dabei auf die grafischen Steuerelemente auf dem Display abgebildet. So kann z.B. die Hand im Raum geführt werden und über einen virtuellen Knopf gehalten werden. Folglich kann die Hand nach vorne bewegt werden, um den Button zu aktivieren. Auf diese Art können weitere Optionen und Menüs bedient werden und auch der Fortschritt kann in einem Userprofil gespeichert werden. Die unterstützten Aktionen werden dabei in logische, aufeinander folgende Schritte unterteilt. Beispielsweise wird im Szenario des Chemieunterrichts das Auffüllen eines Gefäßes von der Aktion des Erhitzens gefolgt. Wenn also ein Gefäß aufgefüllt wurde, erwartet die Applikation danach die Eingabe der Geste zum Erhitzen der Chemikalie. Dies macht die Umsetzung der Gestenerkennung einfacher. Der eingeschränkte Raum an akzeptierten Gesten, der in einer gegebenen Situation zugelassen werden, ermöglicht es der Applikation zu entscheiden, welche Geste sie erwarten soll. Alle anderen Gesten, die in dem Zustand invalide wären, werden ignoriert. Kontinuierliche Gesten stellen eine weitere Herausforderung an das System dar. Die Dauer einer solchen Geste, z.B. die Bewegung des Arms von links nach rechts, ist unbekannt. Die Autoren lösen das Problem, indem sie nach einer bestimmten, minimalen Entfernung (z.B. 0,5m) die Geste als vollzogen ansehen und die Bewegung danach nicht weiter interpretieren.

Die Applikation ermöglicht es, einen neuen und innovativen Unterrichtsverlauf zu gestal-

ten. Die Einführung eines natürlichen, gestenbasiertes Interfaces bietet den Schülern neue, virtuelle Interaktionsmöglichkeiten. Die Unterstützung mehrerer Benutzer gleichzeitig stellt eine weitere Herausforderung für die Autoren dar und muss weiter evaluiert werden.

### 3.5.2. 3D Gestenerkennung in komplexen Umgebungen

Zahlreiche Methoden, die auf teilweise sehr unterschiedlichen Technologien basieren, wurden bislang entwickelt, die eine zuverlässige Erkennung dreidimensionaler Gesten ermöglichen. Die Autoren zweier Arbeiten listeten einige der entwickelten Methoden in [Chou u. a. \(2016\)](#) und [Wang u. a. \(2016\)](#) auf. Basierend darauf wurden in den Arbeiten die Techniken erweitert, um 3D Gesten zum einen in Umgebungen mit komplexem Hintergrund, sowie Gesten mit Hilfe kombinierter Tiefen- und Farbkameradaten zu erkennen. Abbildung 20 zeigt den Datenfluss der beiden Ansätze.

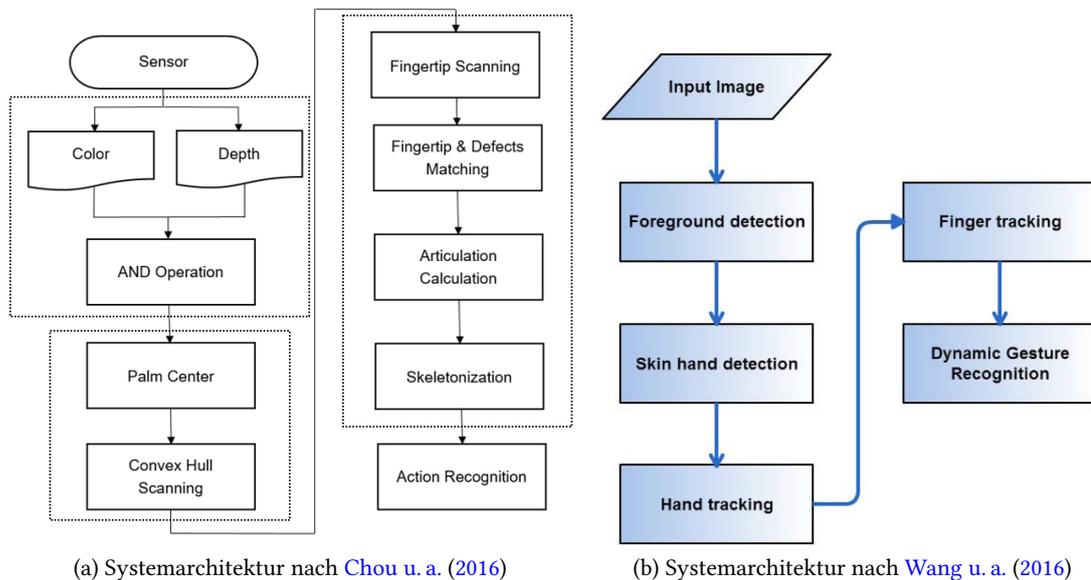


Abbildung 20: Datenfluss bei 3D Gestenerkennung zweier Ansätze

Die Applikationen unterstützen nicht nur die Erkennung von großflächigen Gesten, wie z.B. mit Einsatz der Arme oder Hände, sondern auch feingranulare Fingergesten. Die Daten werden dabei mit einer RGB-D Kamera für die Tiefendaten bzw. mit einer Webcam für die Farbbilder erfasst. Die Aufbereitung der Daten umfasst jeweils die Handsegmentierung, Tracking, Fingererkennung und folglich Aktionserkennung. Die entwickelten Systeme unterstützen u.a. die Erkennung von Skalierung z.B. von Bildern mit Einsatz von Fingern oder auch Klicken mit Hilfe eines Fingers. Eine Rotationsgeste wurde ebenfalls implementiert.

### 3.5.3. Using motion capturing sensor systems for natural user interface

Die Integration eines Motion Capturing Sensor Systems (MCSS) mit einer 3D Grafik und VR Software ist der Bestand der Arbeit von [Dontschewa u. a. \(2016\)](#). Die Autoren haben den Schwerpunkt ihrer Arbeit auf den Design und die Implementierung einer Anwendung gelegt, die ein Natural User Interface zur Steuerung von virtuellen 3D Objekten anbietet. Es wurde ein Konzept zum Einsatz von MCSS vorgestellt, der in der Implementierung einer NUI Anwendung manifestiert wurde. Die entwickelte Applikation heißt Blinect. Zur Erfassung von Benutzereingaben wurde die Microsoft Kinect for Windows Kamera eingesetzt. Die Darstellung der Objekte wurde mit der Open Source 3D Software Blender realisiert. Die Integration erfolgt über eine C# Windows-basierte Applikation, die die Kinect Daten empfängt und filtert, um die Position der Hand im Raum zu bestimmen. Eine Weiterverarbeitung der Daten wird durch ein Blender Add-On realisiert und ermöglicht so die Manipulation des korrespondierenden Objekts durch die 3D Software. Die aufbereiteten Daten werden der Blender Software zur Anzeige zur Verfügung gestellt. Die Abbildung 21 stellt die Applikationsstruktur dar.

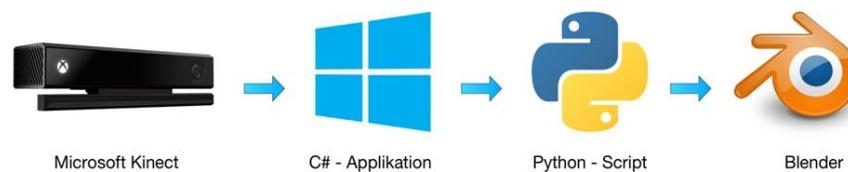


Abbildung 21: Blinect Applikationsstruktur aus [Dontschewa u. a. \(2016\)](#)

Anhand der prototypischen Implementierung wurden Tests durchgeführt. Der Einsatz einer alternativen Datenschnittstelle zur Kommunikation zwischen zwei Applikationen wurde dabei untersucht. Eine real-time Steuerung von Objekten wurde ermöglicht, da Datenübertragung mit der Übertragungsrate von bis zu 30fps sichergestellt werden konnte. Das System wurde nach der von [Wobbrock u. a. \(2009\)](#) vorgestellten Klassifizierung von Gesten entwickelt, die für den Design von Gesten an Touch Tabletops entwickelt wurde. Im Designprozess wurden hier zwei der vier von Wobbrock vorgestellten Kategorien berücksichtigt - nämlich die Form und der Ablauf. Das Testen des Prototyps der Applikation wurde in subjektiven User-Tests durchgeführt. Dabei wurden unterschiedliche Parameter untersucht, wie z.B. eine Variation von Objekten in Blender, Abstand der Benutzer zum Sensor, variierende Lichtverhältnisse, unterschiedliche Anzahl der Benutzer sowie unterschiedliche Render Engines von Blender. Es wurde gezeigt, dass die Applikation in der Lage ist, beliebige Objekte zu manipulie-

ren, was durch ein Mapping der Namen zwischen dem Sender (Sensordaten) und Empfänger (3D Darstellung) erreicht wurde. Weiterhin wurde gezeigt, dass eine optimale Entfernung des Benutzers zum Sensor bei 1-4m liegt. Eine weitere Erkenntnis ist, dass die Lichtverhältnisse keinen bedeutenden Einfluss auf die Performance der Applikation haben. Die Applikation kann außerdem einen stabilen Betrieb gewährleisten, wenn sie von einem einzelnen Benutzer gleichzeitig verwendet wird.

Mit Hilfe des vorgestellten Systems konnte eine Evaluierung einer natürlichen Benutzerschnittstelle durchgeführt werden, die Device- und Touch-frei bedient werden kann. Die vorgestellten Ergebnisse sind vielversprechend und zeigen, dass diverse Aufgaben effektiv mit dem Einsatz innovativer Technologien umgesetzt werden können.

## 4. Explorative Nutzerstudie

Durch eine weitgehend automatisierte Haustechnik soll eine intelligente Wohnung seine Bewohner unterstützen und ihren Alltag erleichtern. Eine Herausforderung stellt die Möglichkeit einer neuartigen Interaktion mit der automatisierten und digitalisierten Umgebung. Die Konzeption neuartiger, natürlicher und intuitiver Schnittstellen zur Mensch-Computer-Interaktion ist der Bestandteil der explorativen Nutzerstudie, die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführt wurde. Eine Steuerung von ausgewählten Haushaltsgeräten, mit Verzicht auf gewöhnliche Steuerelemente und Schnittstellen, sollte dabei erforscht werden. Im Folgenden wird zunächst die Zielsetzung im Abschnitt 4.1 vorgestellt, gefolgt von der Konzeption und Durchführung im Abschnitt 4.2 und der anschließenden Evaluation und der Präsentation der Studienergebnisse im Abschnitt 4.3. Eine Zusammenfassung folgt im Abschnitt 4.4.

### 4.1. Zielsetzung

Die Masterarbeit der Autorin befasst sich mit der Evaluation neuartiger Interaktionen mit der Umgebung einer intelligenten Wohnung. Die Bedienung wird ohne ein haptisches Steuerelement, lediglich mit Hilfe von Körpergesten ermöglicht. Bei der Durchführung von Experimenten mit Hilfe von Versuchspersonen soll ermittelt werden, ob Benutzer eine Interaktion mittels Gestik annehmen und falls ja, welche Gesten die Benutzer wählen und als besonders gut einschätzen. Im Vordergrund stehen dabei eine möglichst intuitive und natürliche Bedienung. Eine zentrale Fragestellung in dem Kontext ist die Bestimmung eines geeigneten Gestensatzes zur Interaktion mit der Wohnumgebung. Die Ermittlung eines solchen Gestensatzes wurde anhand einer explorativen Nutzerstudie durchgeführt. Versuchspersonen mit unterschiedlichem technischem Hintergrund und unterschiedlichen Alters haben an der Studie teilgenommen. Sie konnten ihre Ideen und Vorschläge praktisch erproben und mündlich äußern. Die gestellte Aufgabe forderte die Probanden dazu auf, ein Gerät (Interface) zu bedienen, ohne dass dem Benutzer ein Schalter oder eine Fernbedienung zur Verfügung gestellt wurde.

Die gestellte Aufgabe besteht darin, zwei vorgegeben Geräte innerhalb eines Wohnraums einer intelligenten Wohnung zu bedienen. Die Aufgabe wurde beabsichtigt sehr einfach konzipiert. Es wurde darauf geachtet, dass die Probanden mit der Aufgabe nicht überfordert oder gestresst werden, um in Konsequenz die Ergebnisse nicht negativ zu beeinflussen. Die nachgestellte Situation soll demnach einer gewöhnlichen Alltagssituation nahe kommen und ein entsprechend realitätstreu Ergebnis liefern.

Neben der Ermittlung des Gestensatzes soll die Studie zeigen, ob Benutzer über eine gemeinsame, universelle Vorstellung darüber verfügen, wie ein Interface mittels Gestensteue-

rung bedient werden kann. Gibt es Ähnlichkeiten bei der Ausführung der Gesten zwischen den Probanden? Oder ist die Vorstellung jeder einzelnen Versuchsperson individuell und persönlich?

## 4.2. Konzeption und Durchführung

Dieser Abschnitt stellt die Konzeption und Durchführung der explorativen Userstudie vor. Zunächst werden die Einzelheiten der Durchführung dargelegt, indem die Charakterisierung der Versuchsgruppe im Abschnitt 4.2.1 vorgestellt wird, der Versuchsaufbau im Abschnitt 4.2.2 und die Spezifika eines „wizard of Oz“-Experiments im Abschnitt 4.2.3 präsentiert werden.

### 4.2.1. Versuchsgruppe

Insgesamt haben 15 Teilnehmer an der explorativen Studie, die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführt wurde, teilgenommen. Vier der Teilnehmer haben während der Bearbeitung der Aufgabe eine andere Art der Steuerung, z.B. mittels Sprache, gewählt. Somit wurden bei der Auswertung der Ergebnisse lediglich die 11 verbliebenen Personen berücksichtigt. Die gestellte Aufgabe bestand darin, die Geräte mit Hilfe von Gesten zu bedienen. Die Versuche, die dieses Ziel verfehlt haben, konnten somit nicht in die Auswertung einfließen.

Damit sichergestellt ist, dass die erhobenen Daten ausgewertet und für Zwecke der Masterarbeit verwendet werden dürfen, wurden die Probanden gebeten, eine Einverständniserklärung abzugeben. Das Muster kann dem Anhang entnommen werden (siehe Abbildung 40). Weiterhin wurden Fragen eines Fragebogens beantwortet, der dem Anhang entnommen werden kann (siehe Abbildung 39). Hier wurden den Probanden sowohl fachbezogene Fragen gestellt, sowie auch Informationen bzgl. des Alters, Geschlechts u. ä. Im Folgenden werden die konsolidierten Antworten der Probanden grafisch aufbereitet präsentiert.

Unter den 11 Teilnehmern, die erfolgreich an der Studie teilgenommen haben, befanden sich 5 Frauen und 6 Männer (siehe Abbildung 22b) im Alter von 16 bis 70 Jahren (siehe Abbildung 22a).

Etwa die Hälfte der Probanden (6 Personen) war zum Zeitpunkt des Versuchs eingeschriebene/-r Student/-in einer Hochschule (siehe Abbildung 23a). Der restliche Teil der Versuchsgruppe war entweder berufstätig bzw. in Pension oder besuchte eine Schule. Die meisten Probanden sind Rechtshänder gewesen (siehe Abbildung 23b).

Ein wichtiger Aspekt ist die Vorerfahrung der Probanden im Bezug auf die Gestensteuerung. Bei den meisten Personen sind erste Erfahrungen auf dem Gebiet der Körpergesten bereits

#### 4. Explorative Nutzerstudie

---

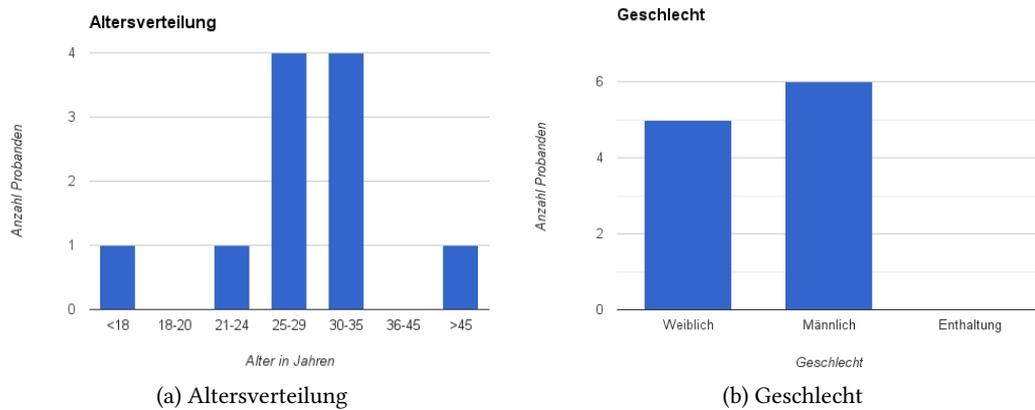


Abbildung 22: Fragen 1 und 2

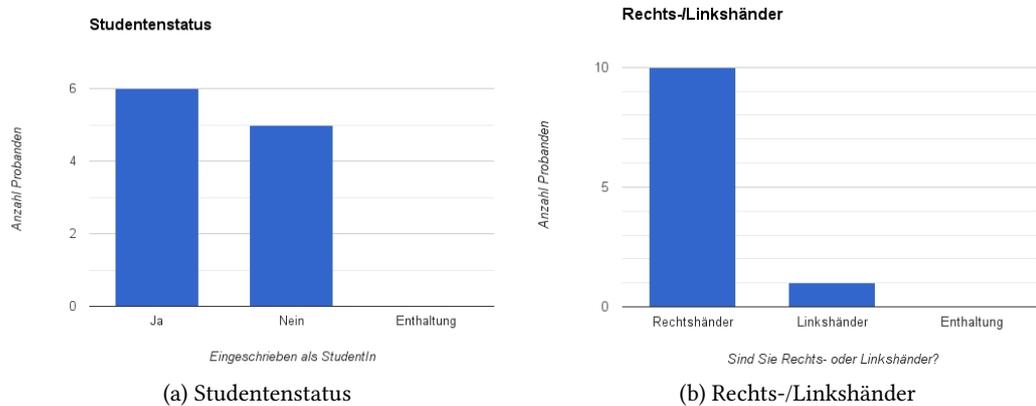


Abbildung 23: Fragen 3 und 8

vorhanden. Es wurden z.B. Nintendo Wii<sup>5</sup>, die Kinect for Xbox<sup>6</sup> oder Playstation Move<sup>7</sup> als Beispiele aus dem Spielbereich genannt. Lediglich 3 Personen hatten keine Vorerfahrungen genannt (siehe Abbildung 24a). Weiterhin wurden die Personen um eine Selbsteinschätzung im Umgang mit raumbezogenen Gesten gebeten. Mehr als die Hälfte deklariert, dass sie gut bis sehr gut mit einer solchen Steuerung umgehen können. 3 Personen kamen noch nie damit in Berührung (siehe Abbildung 24b).

Die Probanden haben neben den persönlichen Fragen auch ihre Eindrücke zur durchge-

---

<sup>5</sup><http://wii.com/>

<sup>6</sup><http://www.xbox.com/de-DE/xbox-one/accessories/kinect>

<sup>7</sup><http://us.playstation.com/ps3/accessories/playstation-move-motion-controller-ps3.html>

#### 4. Explorative Nutzerstudie

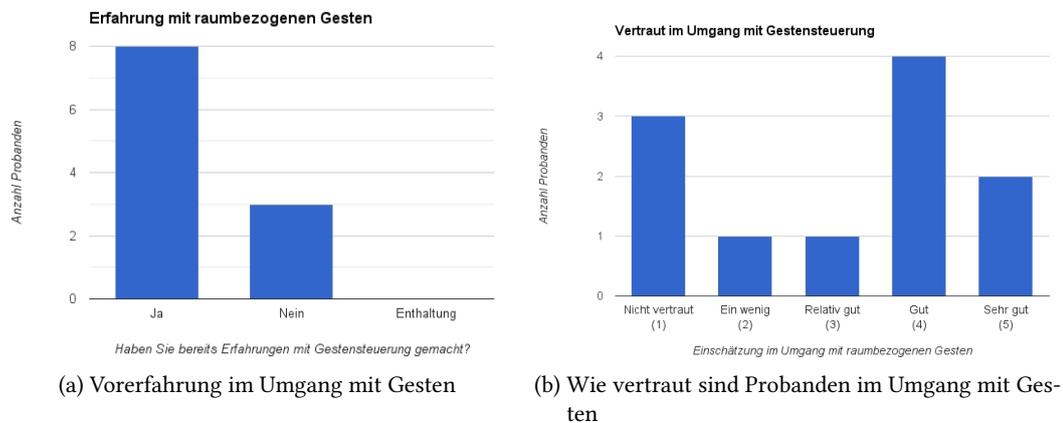


Abbildung 24: Fragen 4 und 4b

fürten Aufgaben mitteilen. Ihre Sicht darauf, wie die Steuerung mit Hilfe von Gesten funktionieren könnte wurde aufgenommen. Weiterhin wurde gefragt, ob neben dem Licht und der Fensterrollos, die bereits im Experiment berücksichtigt wurden, noch andere Geräte aus Sicht der Probanden dazu geeignet wären, mit Gesten angesteuert zu werden (siehe Abbildung 25a). Alle Befragten haben an der Stelle zugestimmt und auch zahlreiche Anwendungsbeispiele nennen können. Darunter waren z.B. die Steuerung von weiteren Elektrogeräten (Fernseher, Stereoanlage, Herd), Änderung der Lichtintensität, Bedienung des Wasserhahn oder der Toilettenspülung oder die Steuerung der Rückenlehne des Bettes. Des Weiteren war fast allen Probanden die Möglichkeit, die Gesten selber bestimmen zu können, wichtig. Nur eine Person hat die Nutzung vorgegebener Gesten als hilfreich empfunden. Zwei Personen haben beide Varianten gewählt und den Wunsch dabei geäußert, die Vorgaben an ihre persönliche Bedürfnisse anpassen zu können (siehe Abbildung 25b).

#### 4.2.2. Versuchsaufbau

Die Studie wurde in zwei Abschnitte unterteilt. Eine praktische Aufgabe war Bestandteil des ersten Abschnitts. Hier wurden die Probanden gebeten, ausgewählte Haustechnik einer intelligenten Wohnung mit Hilfe von Gesten zu bedienen. Die Gesten sollten die Probanden selber nach dem eigenen Empfinden auswählen und anwenden. Im Nachgang wurden die Probanden gebeten ein Fragebogen auszufüllen. Dies war der zweite Teil der Studie.

Bei der Konzeption des Versuchs wurde darauf geachtet, dass die Umgebung möglichst nah an einer realen Wohnsituation angelehnt ist. Das Labor der HAW Hamburg eignet sich optimal zur Durchführung solcher Experimente und wurde genau mit diesem Ziel konzipiert.

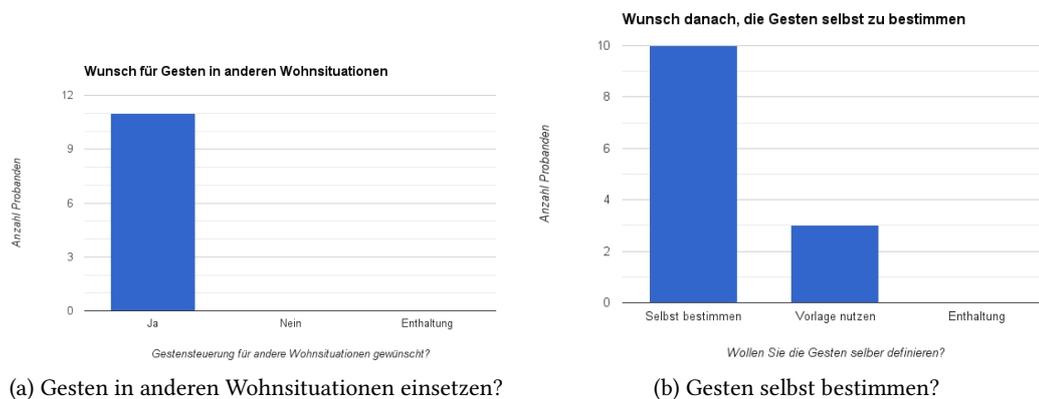


Abbildung 25: Fragen 5 und 7

Jeder Versuchsperson wurde folgendes Szenario vorgestellt: man komme in einem intelligenten Hotelzimmer an. Dies bedeutet u.a., dass diverse Haustechnik automatisiert wurde und z.B. mit einem Computersystem steuerbar ist. Zwei Szenarien sollten nachgestellt werden: das Schlafengehen sowie das Aufstehen. Beim Schlafengehen soll im Zimmer das Licht ausgeschaltet und die Fensterrollos geschlossen werden. Beim Aufstehen hingegen wird das Licht eingeschaltet und die Fensterrollos werden hochgefahren. Die Probanden sollen die vorgestellten Szenarien realisieren, ohne dass gewöhnliche Lichtschalter oder andere Bedienelemente im Haushalt vorhanden sind. Die Herausforderung ist, das Licht sowie die Rollos mittels selbstbestimmter Körperbewegungen (Gesten) zu bedienen.

Während einer Einführung zur Aufgabe wurde jeder Versuchsperson die Aufgabe mündlich erklärt. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Geräte jeweils vollständig an- und ausgehen bzw. hoch- oder runtergefahren werden, sodass eine Abstufung der Intensität bei der Steuerung weder möglich noch notwendig ist. Die Probanden hatten keine Möglichkeit, sich im Vorfeld auf die gestellte Aufgabe vorzubereiten. Diese wurde erst zu Beginn des Experiments vorgestellt, sodass eine spontane Reaktion und Lösungsvorschlag beobachtet werden kann. Dies war eine beabsichtigte Maßnahme bei dem Versuch.

Die Vereinfachungen, die für das Experiment vorgenommen wurden, bieten einen wesentlichen Vorteil für die Durchführung der Aufgaben – die Personen können sich auf die Kernaufgabe konzentrieren, ohne dabei überfordert oder gestresst zu werden. Eine Überlastung durch zu hohe Anforderungen könnte zur Verfälschung der Ergebnisse führen.

Die Auswahl der zu bedienenden Geräte war nicht zufällig. Es ermöglicht eine Aufteilung in zwei Kategorien – eine mechanische Bedienung der Rollos mit Hilfe z.B. einer Schnur führt zur beobachtbaren Bewegung des Rollos in eine bestimmte Richtung. Der Zustand des Rollos –

geschlossen oder geöffnet – verändert sich aufgrund einer mechanischen Bewegung über eine längere Zeitspanne. Das Licht hingegen wird normalerweise mittels eines Schalters bedient. Der nahtlose Übergang von einem Zustand in den nächsten beim An- und Ausschalten des Lichts schafft eine höhere Abstraktionsebene dieses Vorgangs. Es kann hier keine mechanische Veränderung beobachtet werden. Dadurch ist es schwieriger, eine intuitive und geeignete Bewegung mit dieser Aktion zu assoziieren und diese Aufgabe stellt auch eine größere Herausforderung für die Probanden dar. Somit ist zu erwarten, dass die Vorschläge der Probanden in dem Teil des Experiments stärker variieren werden. Bei der Bedienung des Rollos kann die beobachtete Bewegung, jeweils nach oben oder nach unten, intuitiv in eine Körpergeste verwandelt werden.

Die Probanden wurden gebeten, alle ihre Handlungen während des Versuchs laut zu kommentieren und ihre Überlegungen auszusprechen. Somit konnten z.B. die persönlichen Eindrücke, Gedankengänge oder Motivation vollständig nachvollzogen werden. Auf diesem Wege gesammelte Daten dienen der nachträglichen Auswertung. Ein solches Vorgehen hilft bei der Auswertung qualitativer Untersuchungen und eignet sich besonders gut bei einem explorativen Ansatz – wie hier, beim Erkunden von neuen Methoden und Wegen von Mensch-Computer-Interaktionen.

#### 4.2.3. Durchführung

Die Durchführung des Versuchs hat mit jeweils nur einer Person gleichzeitig stattgefunden. Zu Beginn wurde eine Erklärung des Ablaufs sowie die Aufgabe mündlich von der Autorin vorgestellt. Fragen konnten jederzeit, sowohl bei der Einführung, wie auch während des Versuchs, gestellt werden. Nach der Einführung befand sich der Proband alleine im Schlafbereich des Living Place und hatte die Möglichkeit den Versuch alleine durchzuführen. Die laut ausgesprochenen Gedanken und Anmerkungen des Probandes haben es ermöglicht, die Intentionen eindeutig zu identifizieren. Das Experiment wurde nach dem „wizard of Oz“-Experiment konzipiert und durchgeführt. Die laut ausgesprochenen Vorhaben sowie die ausgeführten Aktionen (z.B. die Aussage *„ich würde jetzt gerne die Rollos schließen“* kombiniert mit einer Handbewegung) führten dazu, dass eine weitere Person die gewünschte Aktion durch eine automatisierte Steuerung zur eigentlichen Ausführung bringt. Jede Aktion der Versuchspersonen wurde dabei als gültig gewertet. Die Ausführung im Hintergrund führt dazu, sodass bei dem Probanden der Anschein erweckt wird, seine Aktion wären der Auslöser und hätten einen direkten Einfluss auf die Wohnumgebung. Auf diese Weise wurden z.B. die Fensterrollos mit Hilfe einer Fernsteuerung bedient, wenn ein Proband eine selbst gewählte Bewegung ausgeführt und sich dazu geäußert hat. Die direkte Kopplung der Benutzereingaben mit der

#### 4. Explorative Nutzerstudie

---

Ausführung der Aktionen durch den „wizard“ im Hintergrund erleichterte und förderte eine natürliche Interaktion der Probanden mit der Umgebung und sorgte oft für Begeisterung der Versuchspersonen.

Ein Beispiel dafür, wie die ausgewählten Aktionen zum Schließen des Rollos und des Schaltens des Lichts durchgeführt wurden, zeigen die unten stehenden Bilder. Zunächst führt der Proband die nach oben ausgetreckten Arme von oben nach unten, wie in der Abbildung 26 zu sehen ist. Damit möchte er bewirken, dass die beiden Rollos, die über den Fenstern angebracht sind, nach unten gefahren werden. Für diese Bewegung haben sich die meisten Probanden der Studie entschieden. Sie gibt sehr gut die Bewegung der Rollos wieder. Entsprechend wurde die Bewegung der Arme von unten nach oben zum Öffnen der Rollos von den meisten gewählt.



Abbildung 26: Fensterrollo schließen

Ein weiteres Beispiel ist das Klatschen in die Hände, was in der Abbildung 27 zu sehen ist. Damit soll das Schalten des Lichtes erreicht werden. Die Deckenlampe geht dabei an oder aus. Das Wählen einer geeigneten Geste zur Steuerung des Lichtes fiel den meisten Probanden schwer, da es keine nahliegende mechanische Bewegung gibt, die diesen Vorgang einfach abbilden lässt. Der Abstraktionsgrad ist somit höher. Die Wahl der Geste wurde in dem Fall vom Probanden mit einer Assoziation aus einem Science-Fiction-Film in Zusammenhang gebracht.

Der praktische Teil dieser Aufgabe hat durchschnittlich 3-5 Minuten in Anspruch genommen. Nach Abschluss des praktischen Teils, wurde jeder Proband gebeten, ein Fragebogen auszufüllen. Es wurden einige Fragen mit einer Bewertungsskala, sowie einige offene Fragen gestellt. Die offene Fragen dienten als Leitfaden eines Interviews mit den Probanden, in dem offen über weitere Ideen bezüglich der Interaktion mit der intelligenten Umgebung diskutiert wurde.

Die Probanden haben sich zu ihrer Teilnahme, sowie der Durchführung und der Gesamterfahrung beim Experiments sehr positiv geäußert. Viele haben sogar ihre Begeisterung über einen solchen Ansatz zur Sprache gebracht.



Abbildung 27: Licht anschalten

Die Durchführung der Versuche hat im Labor Living Place Hamburg stattgefunden, das in [2.6](#) näher vorgestellt wurde. Der Schlafbereich, der in der [Abbildung 28](#) blau markiert wurde, diente als Versuchskulisse. Die Fensterrollos, die im Bild grün markiert wurden, sowie die

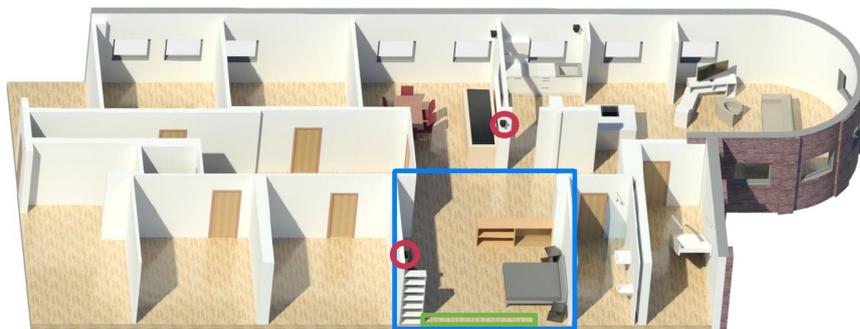


Abbildung 28: Living Place Hamburg - 3D Modell

Deckenbeleuchtung sind hier von Interesse gewesen und wurden während der Experimente bedient. Zurzeit werden diverse Geräte mittels einer webbasierten Anwendung gesteuert. Diese kann z.B. an einem beliebigen Tablets-Computer im lokalen Netzwerk bedient werden. Das Interface der Fernbedienung kann der [Abbildung 29a](#) entnommen werden. Eine einzelne Lampe wird mit einem kleinen Kreis markiert, ein großer Kreis markiert eine Gruppe von Lampen, die gleichzeitig angesteuert werden können. Alle Lampen des Schlafbereichs können über den rot markierten Kreis an- bzw. ausgeschaltet werden. Neben der Lichtsteuerung können diverse weitere Geräte, wie z.B. Fenster oder Vorhänge, auf diesem Wege gesteuert werden. Die Fensterrollos sind ein weiteres Beispiel.

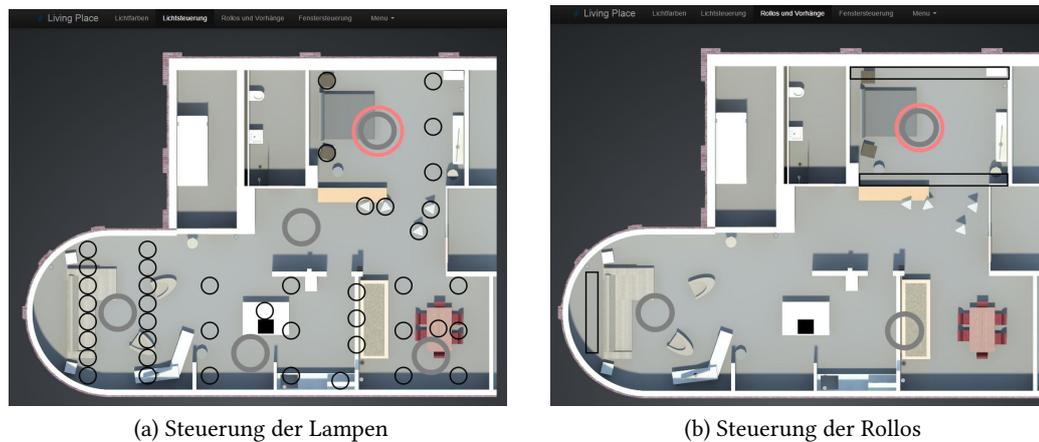


Abbildung 29: Interface der Fernbedienung

**Audio- und Videoaufnahme** Um die durchgeführten Versuche nachträglich auswerten zu können, wurde während des Experiments mit Zustimmung der Probanden eine Audio- und Videoaufnahme durchgeführt. Die Ausführung der Gesten sowie die Überlegungen, die beim lauten Denken geäußert wurden, konnten somit festgehalten werden. Die im Labor angebrachten 360° Full-HD Kameras haben das Videomaterial aufgenommen. Die Positionierung der zwei verwendeten Kameras, die rot umkreist wurden, kann der Abbildung 28 entnommen werden. Die Aufnahme des gesamten Schlafbereichs wurde damit gesichert. Das Audiomaterial wurde hingegen mit Hilfe eines Smartphones Google Nexus 5<sup>8</sup> realisiert. Ein zusätzliches Mikrophon wurde im Brustbereich des Probandes angebracht, um eine hohe Audioqualität der Aussagen zu gewährleisten. Somit konnten sich die Probanden während des gesamten Versuchs frei im gesamten Raum bewegen ohne auf die Lautstärke ihrer Aussagen Rücksicht nehmen zu müssen.

### 4.3. Evaluation

Bei der Durchführung der Nutzerstudie wurden ein umfangreiches Satz an qualitativen Daten, wie z.B. beim lauten Denken frei geäußerte Nutzeraussagen, wie auch quantitativen Daten, wie die Antworten der Fragebögen, erfasst. Diese werden folglich ausgewertet und die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert. Die Untersuchung der Frage, ob es möglich ist mit einer gemeinsamen und universellen Metapher die Interaktion zwischen den Benutzern bzw. Bewohnern und der Smart-Home Umgebung zu ermöglichen. Eine natürliche und intuitive

---

<sup>8</sup><http://www.google.de/nexus/5/>

Bedienung der Haustechnik, die nicht erst aufwändig erlernt werden muss, steht dabei im Fokus. Als Ergebnis der Studie soll ein geeigneter Gestensatz dafür ermittelt werden.

Das Experiment bestand aus einem praktischen und einem theoretischen Teil. Im Abschnitt 4.3.1 wird die Auswertung des explorativen Teils des Versuchs vorgestellt und um die Antworten der Fragebögen ergänzt. Das ermittelte Gestenvokabular wird im Abschnitt 4.3.2 vorgestellt.

##### 4.3.1. Auswertung von Audio- und Videomaterial

Das während der Durchführung der Versuche erfasste Audio- und Videomaterial wurde separat voneinander aufgenommen und nachträglich mit Hilfe des Tools Kdenlive<sup>9</sup> synchronisiert. Es ist dabei möglich, mehrere Audio- und Videospuren miteinander zu kombinieren, sodass die Aufnahmen beider verwendeten Kameras gleichzeitig mit der Audiospur zusammengebracht werden konnten. Die Aufnahmen wurden nachträglich von der Autorin ausgewertet, um die Gesten sowie Aussagen der Probanden zu kategorisieren.

**Transkription** Die Nutzer wurden gebeten, alle ihre Überlegungen während des Versuchs laut auszusprechen. Um diese Aussagen evaluieren und vergleichbar machen zu können sowie den Kontext zuzuordnen, wurden die Aufnahmen transkribiert. Hilfreich dabei war das an der Universität Hamburg entwickelte Tool EXMERaLDA<sup>10</sup>, das u.a. als Partituren-Editor verwendet werden kann. Es ermöglicht die Erfassung gesprochener Sequenzen einer Aufnahme, sowie die Verwaltung und die Analyse. Es können Spuren für mehrere Sprecher gleichzeitig erfasst werden und dabei Annotationen zu nonverbalen Geschehnissen in die Transkription aufgenommen werden.

Für alle Teilnehmer der Studie wurde eine Transkription der Aussagen erstellt. Ein Beispiel einer Transkription zeigt die Abbildung 30.

**Die dokumentarische Methode** Auf Basis der Transkripte kann eine strukturierte Auswertung von Aussagen der Probanden vorgenommen werden. Um Alltagssituationen methodisch beschreiben und interpretieren zu können wurde die dokumentarische Methode als Bestandteil von Forschungsprojekten in der qualitativen Sozialforschung entwickelt (siehe [Bohnsack u. a. \(2013\)](#)). Der Ansatz eignet sich zur Auswertung von z.B. Gruppendiskussionen, Interviews oder Alltagsgesprächen, die zuvor dokumentiert wurden. Die vorliegende Datenbasis, die aus der Aussagen der Probanden während der Ausführung der Aufgabe entstanden

---

<sup>9</sup><https://kdenlive.org/>

<sup>10</sup><http://www.exmaralda.org/en>

#### 4. Explorative Nutzerstudie

---

0 [00:00.0]	1 [00:07.2]		
Proband [verbal]	Ja, also ich komme in das Hotelzimmer rein und das ist alles freundlich und hell und so. Ich will		
[2]			
..	2 [00:13.9]		
Proband [verbal]	eigentlich nur noch ins Bett, bin auch total müde mache nur eine Bewegung, damit die Jalousien runter		
Proband [nonverbal]	<i>Macht mit der rechten Hand, die in Richtung</i>		
[3]			
..	3 [00:18.3]		
Proband [verbal]	gehen Dann lege ich mich ins Bett. Also ziehe		
Proband [nonverbal]	<i>Fenster gerichtet ist, eine Bewegung von oben nach unten</i>		
[4]			
..	4 [00:25.1]		
Proband [verbal]	mich aus, lege ich mich ins Bett und wie bei jedem guten Licht drücke ich nur auf den Schalter		
Proband [nonverbal]	<i>Bewegt die Hand in Richtung Nachttisch, wie wenn man nach</i>		
[5]			
..			
Proband [verbal]			
Proband [nonverbal]	<i>einem Schalter einer Nachttischlampe greift. Versuch mit der Hand den imaginären Schalter</i>		
[6]			
..	5 [00:31.7]		
Proband [verbal]	Der natürlich nicht da ist, sondern nur ein imaginärer Schalter, und		
Proband [nonverbal]	<i>auf der Oberfläche zu drücken.</i>		
[7]			
..	6 [00:36.9]	7 [00:41.2]	8 [00:44.9]
Proband [verbal]	dann geht das ganze Licht aus und dann kann ich auch gleich schön einschlafen	und.. ja, morgens	
[8]			
..	9 [00:52.9]		
Proband [verbal]	wäre es halt genau andersrum das ich wie bei einer Nachttischlampe einfach die Bewegung mache, dass		
Proband [nonverbal]	<i>Fasst mit der Hand auf den Nachttisch, als ob ein Schalter einer</i>		

Abbildung 30: Beispiel einer Transkription

ist, eignet sich gut dazu, mit dieser Methode analysiert zu werden.

#### 4.3.2. Gestenvokabular

Die von den 11 Probanden ausgeführten Gesten werden im Folgenden vorgestellt. Dabei wurden nur diejenigen Resultate berücksichtigt, die die gestellte Aufgabe vollständig gelöst haben, also die Geräte mittels Körperbewegung (in diesem Fall Armen) bedient haben. In einigen Fällen wurde z.B. der Einsatz von Sprachsteuerung mit der Gestik vermischt bzw. abwechselnd eingesetzt, wodurch die Auswertung nicht weiter möglich war. Der Einsatz einer Sprachsteuerung ist kein Bestandteil dieser Arbeit und müsste somit separat betrachtet werden. Einige der

#### 4. Explorative Nutzerstudie

---

Probanden haben hingegen mehr als eine Geste zur Steuerung eines Geräts vorgeschlagen, was bei der Auswertung auch berücksichtigt wurde. Somit ist es möglich, dass die Anzahl der vorgeschlagenen Gesten die Anzahl der Probanden übersteigt.

**Fensterrollo** Bei der Bedienung des Fensterrollos konnte eine große Übereinstimmung bei der Wahl der Gesten bei den Probanden beobachtet werden. 10 von 11 Studienteilnehmern haben sich für die gleiche Geste entschieden. Für das Schließen des Rollos wurde ein bzw. beide Arme auf die Brusthöhe bzw. über den Kopf hochgehoben und abschließend eine Bewegung nach unten ausgeführt. Bei der Auswertung wurde vernachlässigt, ob der linke oder rechte Arm zur Ausführung gewählt wurde, diese wurden gleichgestellt. Eine beispielhafte Ausführung kann der Abbildung 31 entnommen werden. Das Öffnen des Rollos wurde wiederum durch eine umgekehrte Bewegung, durch das Heben der Arme von unten nach oben etwa auf die Brusthöhe, gesteuert. Auch hier wurden wahlweise ein bzw. beide Arme verwendet.



Abbildung 31: Schließen der Fensterrollos

Durch diese so große Übereinstimmung von über 90% für die gleichen Gesten zum Schließen und Öffnen des Rollos ist es deutlich geworden, dass die meisten Studienteilnehmer die gleiche oder eine sehr ähnliche Vorstellung darüber haben, wie ein mentales Modell eines mechanisch veränderbares Objekts mittels einer Körperbewegung abgebildet werden kann. Diese Gesten dienen gleichzeitig als eine eindeutige Empfehlung für die Implementierung einer Steuerung mittels Gestik im Kontext von Smart-Home. Es ist außerdem vorstellbar, unterschiedliche Variationen dieser Gesten dabei zu unterstützen, sodass es unerheblich sein sollte, welcher Arm bzw. ob beide Arme zum Einsatz kommen.

Eine der Versuchspersonen hat sich für die Steuerung des Rollos für eine Geste entschieden, die das Ziehen an einer imaginären Schnur ausmachen sollte. Die Bewegung, nämlich abwechselnd mit beiden Händen nach der Schnur greifen und mit geschlossenen Fäusten nach unten ziehen, wurde dabei sowohl für das Öffnen wie für das Schließen des Rollos verwendet. Auch

hier wurde also genau die gleiche Bewegung gewählt, die den mechanischen Vorgang zur Schließung eines physikalischen Rollos nachstellt.

Eine Aufstellung der gewählten Gesten ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

<b>Rollo schließen</b>		<b>Rollo öffnen</b>	
<b>Geste</b>	<b>Anzahl Probanden</b>	<b>Geste</b>	<b>Anzahl Probanden</b>
Ein/beide Arme von oben nach unten bewegen. Arm(e) in Richtung des Fensters gerichtet.	10	Ein/beide Arme von unten nach oben bewegen. Arm(e) in Richtung des Fensters gerichtet.	10
Nach einer imaginären Schnur greifen und daran von oben nach unten wiederholt ziehen	1	Nach einer imaginären Schnur greifen und daran von oben nach unten wiederholt ziehen	1
<b>SUMME</b>	<b>11</b>	<b>SUMME</b>	<b>11</b>

Tabelle 1: Aufstellung der Gesten zur Steuerung der Fensterrollos

**Anmerkungen der Versuchspersonen** Die Überlegungen und Aussagen der Probanden, die während der Versuche laut geäußert wurden, wurden ebenfalls ausgewertet. Dadurch konnte genau nachvollzogen werden, welche der Aufgaben in Bearbeitung war und welche Intention mit der Ausführung verbunden war. Eine Einschätzung über den subjektiven Schwierigkeitsgrad der Aufgabe konnte den Aussagen auch oft entnommen werden. Die Bedienung der Fensterrollos löste oft eine spontane Reaktion aus und hat den Probanden insgesamt keine große Mühe bereitet. Dabei wurden z.B. folgende Überlegungen geäußert: *„da würde ich einfach die Arme hochnehmen und einmal eine Bewegung mit beiden Armen runter machen“*, *„(...) werde ich von der Bewegung der Jalousie ausgehen. Nämlich sie sollen nach unten, deswegen würde ich die Hände nach oben nehmen und dann nach unten fahren. (...) Es simuliert die Bewegung des Rollladens sozusagen nach“*, *„dann würde man draufzeigen zum Beispiel und runter (...). Finde ich, ist eine Geste, die relativ eindeutig ist. Was anderes würde mich wahrscheinlich verwirren“*.

Diese Aussagen deuten darauf hin, dass die Probanden bereits eine sehr gute Idee dafür hatten, wie in ihrer Vorstellung die Bedienung eines Rollos ohne zusätzlicher Steuerelemente funktionieren könnte. In den Versuchen wurde diese Aufgabe meist sehr schnell durchgeführt. Die Auswahl einer aus Sicht der Probanden geeigneten Geste bereitete den Nutzern

#### 4. Explorative Nutzerstudie

keine großen Schwierigkeiten. Im Hinblick auf die Aussagen der Probanden sowie die Antworten der Fragen bzgl. der Vorerfahrung der Nutzer kann geschlossen werden, dass sowohl die Vorerfahrung mit raumbezogenen Gesten wie auch der Grad der Vertrautheit mit Gestensteuerung im Allgemeinen keine Rolle dabei gespielt hat, wie schlagfertig die Nutzer zur Lösung dieser Aufgabe gekommen sind. Unter den 90% der Nutzer, die sich für die gleiche Geste entschieden haben, waren sowohl erfahrene Nutzer wie auch solche, die noch keine oder wenig Vorerfahrung mitgebracht haben (siehe Abbildung 32).

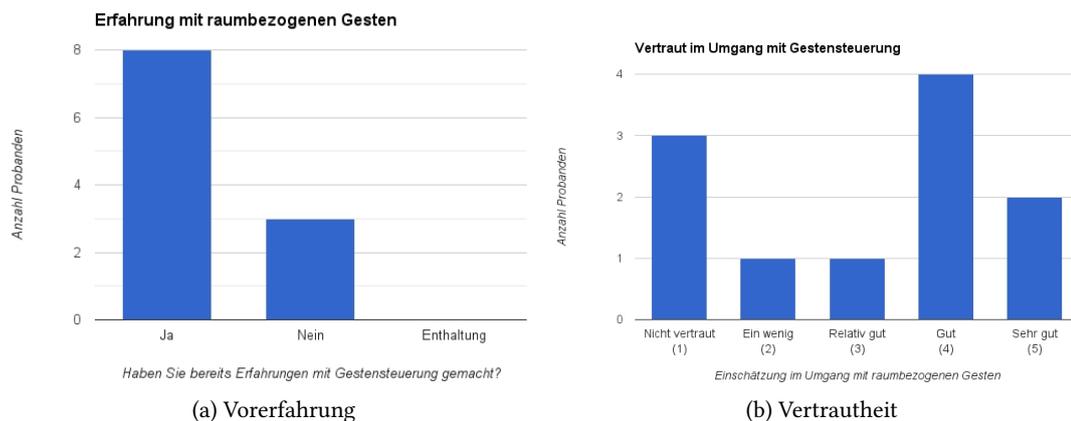


Abbildung 32: Erfahrung mit Raumbezogenen Gesten (3D)

**Licht** Die Steuerung des Lichtes, sowohl der Deckenlampen, wie auch auf beiden Seiten des Betts platzierten Lichter, war die zweite Aufgabe für die Probanden. Hier wurden die Ergebnisse sehr unterschiedlich und es konnte keine eindeutige Übereinstimmung der gewählten Gesten festgestellt werden. Die meisten Nutzer (6 Personen) haben sich für das Klatschen in die Hände entschieden. Die Wahl wurde sowohl für das An- wie auch Ausschalten des Lichtes benutzt. Eine Variation von einem bis mehreren Klatschgesten wurde hier verwendet, z.B. einmal Klatschen zum Anschalten und zweimal zum Ausschalten des Lichtes (siehe Abbildung 33).

Die Wahl dieser Geste wurde u.a. mit einer Assoziation mit einer Szene aus einem der Person bekannten Film begründet, z.B. durch die Aussage: „Und ich würde das erwarten, weil man es aus Filmen kennt, dass das Licht mit einer Klatschbewegung ausgeht“. Die untere Tabelle 2 enthält die Aufstellung aller Gesten, die zur Steuerung des Lichtes von den Probanden gewählt wurden. Hier wurden dieselben Gesten sowohl zum An- wie auch Ausschalten des Lichtes verwendet. Es ist hier weiterhin zu beachten, dass manche der Nutzer mehr als eine



Abbildung 33: An- bzw. Ausschalten des Lichts

Geste gewählt haben und diese Wahl in den Ergebnissen entsprechend berücksichtigt wurde.

**Anmerkungen der Versuchspersonen** Zur Bearbeitung dieser Aufgabe haben die meisten Probanden merklich mehr Zeit benötigt. Eine geeignete Geste zu finden hat sich als deutlich schwieriger für die Nutzer erwiesen, als dies beim Fensterrollo der Fall war. Auch die Aussagen der Probanden, die während der Bearbeitung geäußert wurden, bestärken dies: *„Beim Licht... Das Licht ausschalten finde ich schwieriger. Ich habe spontan an in die Hände klatschen gedacht, (...), „Und das Licht... wie mache ich das Licht? Licht vielleicht durch ein klatschen?“, „Ja, entweder wie man das eigentlich so kennt über Klatschen das Licht ausschalten“, „Und mit dem Licht ist es irgendwie so eine Sache. Was man schon kennt ist ja das Klatschen“, „Und dann die Lichter ausknipsen... Wie könnte ich das am besten machen?“, „Und das Licht... das ist wieder schwierig. Was ist denn aus?“*

Hier hat die Vorerfahrung sowie Vertrautheit im Umgang mit Raumbezogenen Gesten, ähnlich wie das im Falle des Rollos der Fall war, keinen Einfluss darauf, wie schlagfertig die Nutzer mit der Aufgabe umgegangen sind. Vielmehr beziehen sich die Personen auf bekannte Muster z.B. aus dem Fernsehen, als das sie auf die eigene Erfahrung zurückgreifen können. Es fällt den Probanden schwer, die abstrakte Steuerung des Lichtes mit einer mechanischen Bewegung abzubilden. Einige würden an der Stelle gerne auf eine Sprachsteuerung zurückgreifen.

#### 4.4. Zusammenfassung

Die Ermittlung eines geeigneten Gestensatzes zur Steuerung der Haustechnik einer Smart-Home Umgebung wurde im Rahmen einer qualitativen Nutzer-Studie durchgeführt und soeben vorgestellt. An der Studie haben insgesamt 15 Nutzer teilgenommen, wovon 11 die gestellten Aufgaben vollständig durchgeführt haben. Die gesammelten Audio- und Videodaten

#### 4. Explorative Nutzerstudie

<b>Licht ausschalten</b>		<b>Licht anschalten</b>	
<b>Geste</b>	<b>Anzahl Probanden</b>	<b>Geste</b>	<b>Anzahl Probanden</b>
In die Hände klatschen	5	In die Hände klatschen	6
Mit den Fingern schnipsen	1	Mit den Fingern schnipsen	2
Mit der Hand auf die Nachttischlampe tätscheln	2	Mit der Hand auf die Nachttischlampe tätscheln	2
Mit dem Arm auf die Deckenlampe zeigen und den Arm von rechts nach links (oder umgekehrt) bewegen.	2	Mit dem Arm auf die Deckenlampe zeigen und den Arm von rechts nach links (oder umgekehrt) bewegen.	1
Die Handfläche vor dem Gesicht halten und von oben nach unten über das Gesicht führen.	1	Die Handfläche vor dem Gesicht halten und von unten nach oben über das Gesicht führen.	1
Mit einer Hand auf die Deckenlampe zeigen und eine Drehbewegung ausführen (wie z.B. bei einer Glühbirne)	1	Mit einer Hand auf die Deckenlampe zeigen und eine Drehbewegung ausführen (wie z.B. bei einer Glühbirne)	2
		Mit einem Arm in Richtung der (Nachtisch)Lampe zeigen	1
<b>SUMME</b>	<b>12</b>	<b>SUMME</b>	<b>15</b>

Tabelle 2: Aufstellung der Gesten zur Steuerung des Lichtes

sowie die Antworten der Fragebögen und freie Aussagen der Nutzer wurden im Laufe der Studie gesammelt und nachträglich von der Autorin der Masterarbeit ausgewertet. Die Ergebnisse wurden in diesem Kapitel vorgestellt. Es konnte gezeigt werden, dass unabhängig von den Vorkenntnissen im Umgang und Vertrautheit mit Raumbezogenen Gesten, die Probanden eine gemeinsame Metapher zur Steuerung eines Fensterrollos gefunden haben, mit der sie eine geeignete Geste zur Steuerung des Rollos ausführen konnten. Hingegen hat die Steuerung des Lichts mit Hilfe von Gesten eine größere Herausforderung für die Probanden dargestellt. Auch hier hat die Vorerfahrung bei der Bearbeitung der Aufgabe keine große Rolle gespielt.

Als Gesamtergebnis konnte zur Steuerung des Fensterrollos eine Empfehlung ausgespro-

chen werden, die von einer großen Mehrheit von Probanden in sehr ähnlicher Form ausgeführt wurde. Das Steuern des Lichtes durch das Klatschen in die Hände wurde von mehreren Teilnehmern genannt, sodass diese Geste empfohlen werden kann, wenn auch nicht so eindeutig. Hier muss bei der Umsetzung viel mehr auf die persönlichen User-Präferenzen die Rücksicht genommen werden.

Die Ergebnisse dieser Studie stellen den ersten Schritt auf dem Weg zur Entwicklung einer gestenbasierter Schnittstelle zur Interaktion mit einer Smart-Home Umgebung. Der User-Centred Design Ansatz ermöglichte es, die Bedürfnisse und Ideen der Benutzer durch eine direkte und enge Zusammenarbeit zu erkunden und auf diese Rücksicht zu nehmen. Um die Ergebnisse im praktischen Einsatz validieren zu können, muss ein gestenbasiertes User-Interface entwickelt werden. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für eine prototypische Implementierung, die in der Laborumgebung des Living Place umgesetzt werden kann.

## **5. Prototypische Implementierung einer Gestensteuerung auf Basis der multimodalen Integrationsplattform für HCI Untersuchungen**

Mit Hilfe der durchgeführten explorativen Nutzerstudie konnte ein Satz der Gesten zur Interaktion ohne externe Devices in einem Smart-Home ermittelt werden. Zwei beispielhafte Devices wurden ausgewählt, für die eine geeignete Steuerung mittels Gestik ermittelt wurde. In diesem Abschnitt wird die prototypische Implementierung der Gestensteuerung für eins der beiden betrachteten Devices vorgestellt. Mit Hilfe des entwickelten Interfaces wird abschließen ein erster User-Test und somit eine Validierung des Prototyps durchgeführt. Es wird hierdurch gezeigt, dass die von den Benutzern vorgeschlagene Form der Interaktion mit der Smart-Home Umgebung in der Praxis funktionieren kann.

Die Ergebnisse der Nutzerstudie zeigen eine große Übereinstimmung bei den Nutzern bei der Auswahl einer Geste für die Steuerung des Fensterrollos. Die Geste wurde in verschiedenen Variationen durchgeführt, was auf persönliche Präferenzen eines jeden Users zurückzuführen ist. Die prototypische Implementierung berücksichtigt einige von diesen Variationen. Somit kann die Steuerung z.B. jeweils mit einem oder mit beiden Armen durchgeführt werden.

Mit Hilfe der prototypischen Umsetzung können weitere Untersuchungen mit Teilnahme von Probanden durchgeführt werden, um weiterführende Aspekte der gestenbasierten Interaktion zu untersuchen. Denkbar ist hier z.B. die Untersuchung bzgl. der Akzeptanz im Hinblick auf die Latenzzeiten, Usability oder Ergonomie, Freiheit des Bewegungsgrades bzw. die damit verbundenen Einschränkungen. Im Rahmen der Arbeit wurde ein erster User-Test mit einer kleinen Versuchsgruppe durchgeführt, um die Machbarkeit zu demonstrieren und die Funktionalität zu validieren.

### **5.1. Multimodale Integrationsplattform**

Der Prototyp zur Steuerung der Fensterrollos wurde auf Basis der Integrationsplattform von [Ghose \(2015a,b\)](#) implementiert. Die Integration des Systems in das Steuerungssystem des Living Place Hamburg und der effiziente Zugriff auf die Haustechnik wird durch die von [Eichler u. a. \(2017\)](#) entwickelte Middleware gewährleistet. Im Folgenden werden die Systemarchitektur, die Komponenten sowie die Implementierung der Gesten zur Steuerung der Fensterrollos vorgestellt.

Die multimodale Integrationsplattform wurde mit dem Ziel entwickelt, neuartige Bedienungskonzepte im HCI Bereich und im Kontext von Smart-Home Umgebungen zu erkunden.

## 5. Prototypische Implementierung einer Gestensteuerung auf Basis der multimodalen Integrationsplattform für HCI Untersuchungen

Die Plattform bietet eine Reihe von Software-Agenten an, die vielfältige Services anbieten. Ein Beispiel wurde in der Arbeit von [Langbehn u. a. \(2015\)](#) vorgestellt. Hier übernehmen Kinect 2 Agenten die Datenverarbeitung der Kinect 2 Sensoren, der Fusionsagent sorgt für die Datenfusionierung der Kameradaten und ein Gestenerkennungsagent übernimmt die Erkennung einer Laufgeste. Neben den bereits vorhandenen Funktionen, bietet die Plattform eine einfache Möglichkeit, weitere Agenten zu integrieren. Eine Implementierung neuer 3D Gesten wie auch Weiterentwicklung und Erweiterung der bereits vorhandenen Gesten ist auf Basis der Plattform möglich.

Die Integrationsplattform kann Daten aus unterschiedlichen Sensorquellen empfangen. In [Langbehn u. a. \(2015\)](#) wurden vier Kinect 2 Kameras verwendet, um fusionierte Skeleton Daten eines Users an das System zu übermitteln. Die Abbildung 34 zeigt den Aufbau des Labors für dieses Szenario. Der Benutzer wird von vier Kinect 2 Kameras gleichzeitig erfasst. Ein weiterer Agent ist für die Fusion aller Sensordaten zuständig. Die Plattform stellt die erfassten Daten bereit, sodass beliebige weitere Agenten diese konsumieren und ggf. weiterverarbeiten können.

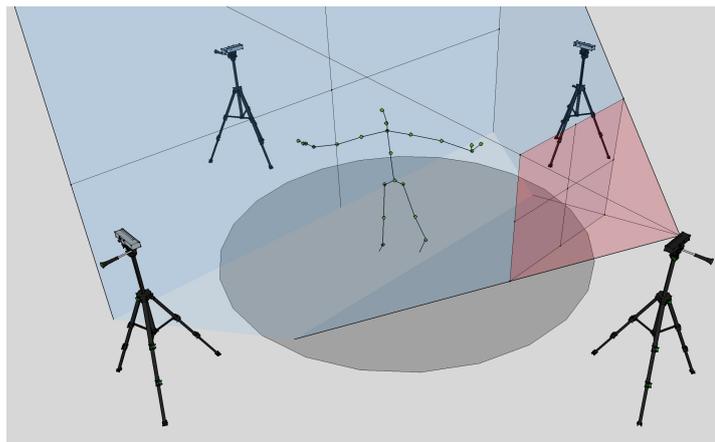


Abbildung 34: Laboraufbau aus [Langbehn u. a. \(2015\)](#)

Die Systemarchitektur kann der Abbildung 35 entnommen werden. Der Architekturaufbau ist an den Ansatz zur Entwicklung von Companion Systemen von [Honold u. a. \(2012\)](#) angelehnt. Daten unterschiedlicher Input-Devices werden von der *input device component* erfasst und an die *multimodal fusion* Komponente weitergegeben. Hier können Daten entsprechend aufbereitet werden, z.B. durch Fusionierung oder eine andere Art der Weiterverarbeitung. Entsprechend aufbereitete Daten werden an die *interaction management* Komponente gegeben. Diese spielt eine zentrale Rolle und hat die Aufgabe, die gelieferten Daten, unter Berück-

## 5. Prototypische Implementierung einer Gestensteuerung auf Basis der multimodalen Integrationsplattform für HCI Untersuchungen

sichtigung von Kontextinformationen zu interpretieren. Dazu werden ebenfalls die Daten der Knowledge Base verwendet, die z.B. Informationen zur Umgebung, zum Benutzer oder zum Gesamtsystem liefern. Anhand all der Informationen kann das *interaction management* entscheiden, welche Aktion zulässig ist und folglich ausgelöst wird. Diese Information wird an die *multimodal fission* Komponente weitergegeben, die das richtige Output Device bestimmt und die weiterhin eine der *output device components* informiert. Die *output device components* können diverse Devices eines Smart-Homes sein, wie z.B. die genannten Fensterrollos, Lichtsteuerung, Fenster, Fernseher, Heizungssteuerung, etc.

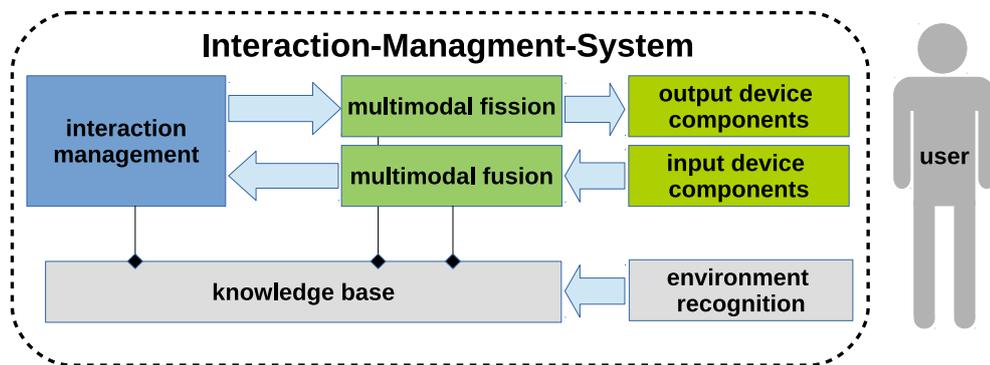


Abbildung 35: Systemarchitektur der Integrationsplattform für HCI Untersuchungen aus Ghose (2015b)

### 5.2. Prototypische Implementierung

Basierend auf der multimodalen Integrationsplattform für HCI Untersuchungen wurde ein Agent zur Erkennung von Gesten zur Steuerung der Fensterrollos implementiert. Die ermittelten Gesten zur Steuerung der Rollos wurden in Tabelle 1 vorgestellt. Die Versuchspersonen haben während der Studie die Eingabe der Geste sowohl mit einem, als auch mit beiden Armen durchgeführt. Die Gesteneingabe kann also bei unterschiedlichen Benutzern variieren. Um möglichst viele Varianten berücksichtigen und unterstützen zu können, wurde eine Gesteneingabe mit einem oder mit beiden Armen umgesetzt.

Der Prototyp interpretiert die Sensordaten der Kinect 2 Kamera. Dabei können sowohl Daten aus einer wie auch aus mehreren Kameraquellen verarbeitet werden. Der Zugriff auf die Skeleton Daten der erfassten Personen ist mit Hilfe des mitgelieferten Kinect SDK möglich. Abbildung 36 zeigt das Skelettmodell, dass über das SDK übermittelt wird. Über die API kann auf die einzelnen Gelenke des Skelettmodells zugegriffen werden. Die genaue Position im Raum kann abgefragt werden.

## 5. Prototypische Implementierung einer Gestensteuerung auf Basis der multimodalen Integrationsplattform für HCI Untersuchungen

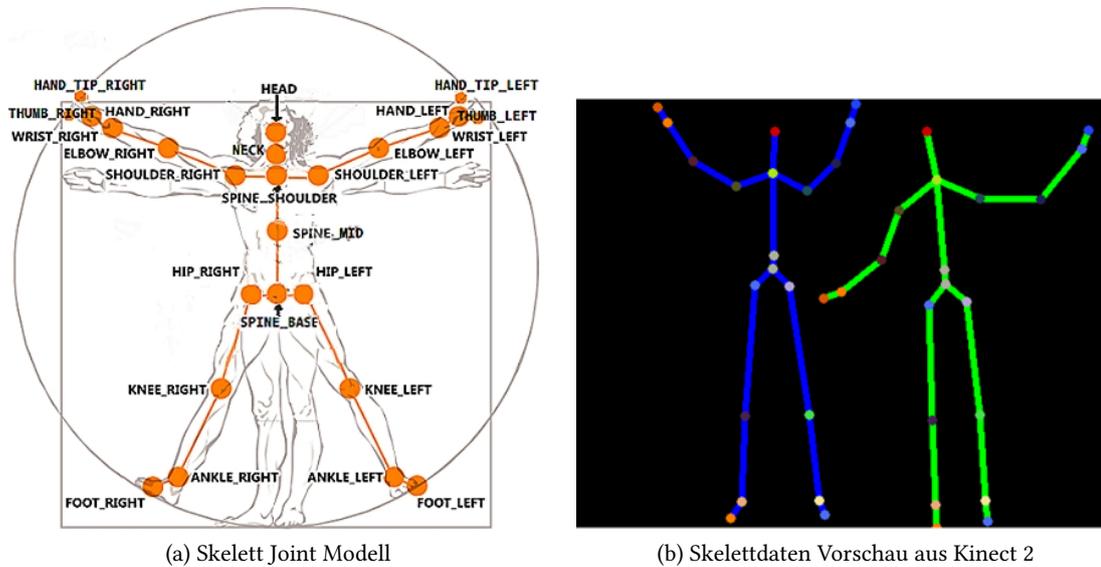


Abbildung 36: Kinect 2 Skeleton aus [Raiten \(2011\)](#)

Beim Einsatz mehrerer Kameras müssen die erfassten Skeleton Daten zunächst fusioniert werden, sodass die Weiterverarbeitung mit einem Skelett erfolgen kann. Die Erfassung der Skeleton Daten wird von einem oder mehreren Kinect 2 Software Agenten übernommen, die von der Integrationsplattform bereitgestellt werden. Die Menge der einzusetzenden Agenten ist hier von der Anzahl der verwendeten Kamerasensoren abhängig, sodass jeweils ein Agent für die Verarbeitung der Daten einer Kamera zuständig ist. Beim Einsatz mehrerer Kameras werden die zunächst fusionierten Daten an den Agenten zur Gestenerkennung weitergegeben.

Zur Erkennung der Gesten zum Öffnen und Schließen der Fensterrollos wird ein heuristisches Verfahren angewendet. Hierfür werden Regeln formuliert, die eine Geste eindeutig definieren. Die Regeln bestimmen eine Abfolge von zulässigen Zuständen, die zu einer erfolgreichen Ausführung einer Geste führen. Anhand der Informationen zur Position ausgewählter Joints des Skeletons, wird die Abfolge der gültiger Zustände definiert, die eine erfolgreiche Ausführung der Geste garantiert. Folgender Ablauf wurde definiert, um das Öffnen von Fensterrollos zu ermöglichen:

- Ein oder beide Arme befinden sich unterhalb des Beckenbodens des Benutzers
- Ein oder beide Arme befinden sich oberhalb des Beckenbodens des Benutzers
- Ein oder beide Arme befinden sich auf der Brusthöhe der Benutzers
- Ein oder beide Arme befinden sich über der Brusthöhe des Benutzers

## 5. Prototypische Implementierung einer Gestensteuerung auf Basis der multimodalen Integrationsplattform für HCI Untersuchungen

---

- Ein oder beide Arme werden über der Brusthöhe für einen definierten Zeitintervall gehalten

Die einzelnen Zwischenzustände werden anhand der Positionen der Skeletgelenke ermittelt, die mit einer Frequenz von bis zu 30fps von dem Sensor bereitgestellt werden. So wird beispielsweise der Ausgangszustand definiert:

$HRBS = skeleton.rightHand.palm.position.y < skeleton.torso.lowerSpine.position.y$

$HRRS = skeleton.rightHand.palm.position.x > skeleton.torso.lowerSpine.position.x$

$HLBS = skeleton.leftHand.palm.position.y < skeleton.torso.lowerSpine.position.y$

$HLLS = skeleton.leftHand.palm.position.x < skeleton.torso.lowerSpine.position.x$

$HR1 = HRBS \&\& HRRS$

$HL1 = HLBS \&\& HLLS$

Dabei sind:

$HRBS$  – hand right below spine

$HRRS$  – hand right right of spine

$HLBS$  – hand left below spine

$HLLS$  – hand left left of spine

$HR1$  – hand right start position

$HL1$  – hand left start position

Analog wurde die Geste zum Schließen des Rollos umgesetzt, indem ein oder beide Arme des Benutzers über dem Brustkorb angefangen, nach unten wandern und dort für einen definierten Zeitintervall gehalten werden. Es können ein oder mehrere Kinect 2 Agenten involviert werden, dessen Daten vom Fusion Agenten konsolidiert werden. Die Information über eine erfolgreiche Erkennung wird vom Gestenerkennungs-Agenten an den Interaction Management Agenten weitergegeben. Hier wird unter Berücksichtigung weiterer Kontextinformationen entschieden, welche Aktion ausgeführt wird. Bestimmte Voraussetzungen müssen erfüllt werden, damit eine erfolgreich ausgeführte Geste eine Aktion auslösen kann. Somit ist z.B. vorausgesetzt, dass nur, wenn sich das Rollo im Zustand „geschlossen“ befindet, die Aktion zum Öffnen des Rollos an die *output device component* weitergegeben wird und das Fensterrollo geöffnet wird. Die beteiligten Komponenten wurden in der Abbildung 37 darge-

stellt.

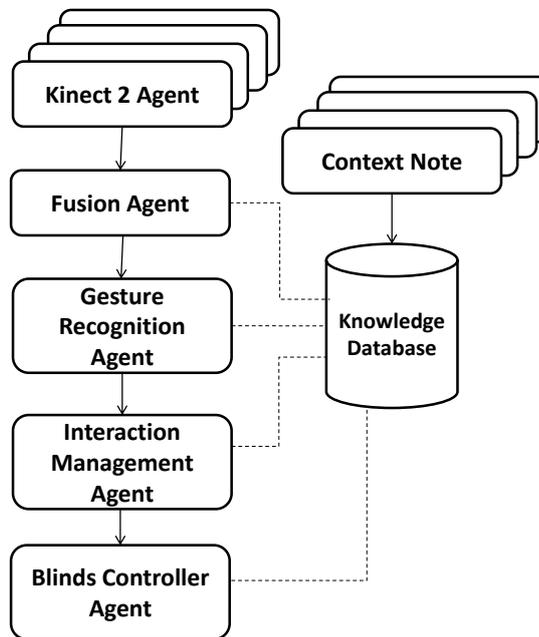


Abbildung 37: Gestensteuerung Prototyp - Komponentendiagramm

Nachdem eine Geste erfolgreich erkannt wurde, wartet der Gestenagent für ein definiertes Zeitintervall. Nach dieser Zeit wird die Erkennung der Rollo-Geste erneut aufgenommen.

### 5.3. Nutzer-Test

Die prototypische Implementierung der Gestensteuerung für Fensterrollos wurde mit einer kleinen Benutzergruppe von fünf Testpersonen validiert. Die Validierung wurde im Wohnbereich des Labors Living Place Hamburg durchgeführt. Zu Beginn des Tests waren alle Fensterrollos geöffnet. Zunächst wurden die Gesten zum Schließen sowie Öffnen der Rollos jeder Testperson vorgeführt. Die Testpersonen wurden gebeten, jeweils fünf Mal die Fensterrollos zunächst mit der vorgegebenen Geste zu schließen. Als die Rollos vollständig geschlossen waren, sollten sie mit einer weiteren Geste geöffnet werden. Abbildung 38 zeigt eine Testperson während des Schließens der Fensterrollos.

Beide Gesten wurden insgesamt 25 Mal ausgeführt. Dabei wurde sowohl die Geste zum Schließen wie auch zum Öffnen der Rollos jeweils 24 Mal erfolgreich durch das entwickelte prototypische System zur Gestenerkennung erkannt. Dies ergibt eine Erkennungsrate für die gestenbasierte Steuerung von Fensterrollos von 96%. Mit Hilfe der Validierung mit Teilnahme

## 5. Prototypische Implementierung einer Gestensteuerung auf Basis der multimodalen Integrationsplattform für HCI Untersuchungen

---



Abbildung 38: Fensterrollo Gestensteuerung – Nutzer-Test

von Testpersonen wurde gezeigt, dass die leichtgewichtige, prototypische Implementierung eines gestenbasierten Interfaces einen schnellen Einstieg in die Entwicklung natürlicher User-Interfaces ermöglicht. Das erzielte Ergebnis ist vielversprechend. Es dient ebenfalls als Basis zur weiteren Untersuchungen mit Nutzern, um ein umfangreiches Feedback zur Weiterentwicklung und Verbesserung zu sammeln.

Mit dem Test wurde gezeigt, dass sich die ursprünglichen Vorstellungen und Ideen der Benutzer bezüglich einer natürlichen Interaktion mit der Wohnumgebung in kurzer Zeit als Prototyp validieren lassen. Die Umsetzung, die angelehnt an den User-Centred Design Ansatz entwickelt wurde, profitiert stark vom direkten User-Feedback. Eine kontinuierliche Verbesserung des Interfaces kann mit Hilfe des iterativen Vorgehens, wie in der Arbeit von [Bernat u. a. \(2017\)](#) beschrieben wurde, umgesetzt werden.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

### 6.1. Zusammenfassung

Die Untersuchung geeigneter Eingabemöglichkeiten zur Interaktion und Steuerung in einer Smart-Home Umgebung sind Bestandteile dieser Masterarbeit gewesen. Zunächst wurden einige der Grundlagen aus den Bereichen Ubiquitous Computing, Natural Interfaces, Imaginary Interfaces sowie User-Centred Design gegeben. Die Konzepte einer gestenbasierten Steuerung wurden vorgestellt. Die Einführung in den Forschungsbereich wurde mit der Vorstellung einer Smart-Home Umgebung am Beispiel des Labors Living Place Hamburg abgerundet.

Die Einführung in die aktuellen Entwicklungen im Bereich der natürlichen und gestenbasierten Interfaces wurde anhand ausgewählter Literatur gegeben. Dies diente als Basis zur Diskussion über die Vorstellungen sowie Bedürfnisse der Benutzer bei Interaktion mit Smart Environments. Die Frage, ob Nutzer bereit sind mit ihrer Umgebung zu interagieren, ohne dass ihnen klassische Eingabegeräte zur Verfügung stehen, wurde anhand der durchgeführten explorativen Nutzerstudie beantwortet. In der Studie haben sich alle Teilnehmer dafür ausgesprochen, Devices im Smart-Home mit Hilfe von Gesten bedienen zu wollen. Neben den zwei ausgewählten Geräten, die in einem Versuch mittels Gestik gesteuert wurden, haben die Teilnehmer eine Reihe weiterer Geräte genannt, die sie gerne auf diesem Wege bedienen wollten.

Die Studie wurde mit dem Ziel konzipiert, die Bedürfnisse und Vorstellungen der Nutzer während der Interaktion mit einer Smart-Home Umgebung zu erkunden. Hierfür wurden zwei Aufgaben vorbereitet, bei denen die Nutzer zwei ausgewählte Devices mittels Gestik bedient haben. Dabei wurden die Teilnehmer dazu aufgefordert, die passenden Gesten selber zu bestimmen. Anhand der Studie sollte weiterhin gezeigt werden, ob es dabei Gemeinsamkeiten in den Vorstellungen der Benutzer gibt und welche Rolle die persönlichen Präferenzen dabei spielen.

Die Ergebnisse liefern unterschiedliche Aussagen für die zwei Sorten von Devices, die in dem Versuch ausgewählt wurden. Die Bedienung eines Fensterrollos hat eine große Übereinstimmung hinsichtlich der gewählten Gesten gezeigt. Abweichungen in der Art der Ausführung der Geste waren jedoch zu beobachten und hängen mit den persönlichen Präferenzen der Benutzer zusammen. Bei der Steuerung des Lichtes konnte allerdings keine eindeutige Übereinstimmung zwischen den vorgeschlagenen Gesten festgestellt werden. Dies ist auf den hohen Abstraktionsgrad zurückzuführen, bei dem keine mechanische Bewegung zum Schalten des Lichtes beobachtet werden kann. Der nahtloser Zustandswechsel (Licht an, Licht aus) lässt

sich schwer mit einer eindeutigen Geste abbilden.

Die Studie hat gezeigt, dass die Berücksichtigung persönlicher Präferenzen bei der Umsetzung einer gestenbasierter Steuerung für Smart Environments einen wichtigen Akzeptanzfaktor für die Benutzer darstellt. Fast alle Teilnehmer haben sich dafür ausgesprochen, die bevorzugten Gesten zur Steuerung von Haustechnik, selber bestimmten zu wollen. Einige haben darauf hingewiesen, dass sie gerne eine Vorlage nutzen würde, wenn diese nachträglich ihren persönlichen Vorlieben angepasst werden könnte.

Die Entwicklung einer gestenbasierten Steuerung muss demnach erlauben, die unterschiedlichen Präferenzen der Benutzer zu berücksichtigen und abbilden zu können. Ein kurzes Entwicklungsintervall, schnelle Release-Zyklen und Erweiterbarkeit sind Eigenschaften, die in der multimodalen Integrationsplattform für HCI Experimente von [Ghose \(2015b\)](#) vereint werden. Mit Hilfe der Plattform können gestenbasierte Interfaces schnell und einfach entwickelt werden. Basierend darauf, wurde in der Masterarbeit der Autorin ein Prototyp der Gestensteuerung implementiert, der die Steuerung der Fensterrollos in dem Smart-Home Labor Living Place Hamburg ermöglicht. Die Umsetzung basiert auf den Ergebnissen der Nutzerstudie, in der die Übereinstimmung bzgl. der Geste zur Steuerung der Rollos zwischen den Nutzern sehr groß war. Die unterschiedlichen Ausprägungen bei der Ausführung der Geste wurden bei der Implementierung berücksichtigt, sodass z.B. die Steuerung mit einer beliebigen Hand oder mit beiden Händen möglich ist.

Die Implementierung der Gesten basiert auf einem heuristischen Verfahren. Zur Realisierung der Gesten wurden Regeln definiert, dessen Abfolge die Gültigkeit der Gestenausführung sicherstellen. Mit diesem Ansatz lassen sich weitere Gesten unter Berücksichtigung der Nutzerpräferenzen schnell und einfach umsetzen.

Die Validierung des ersten Prototyps wurde anschließend in einem User-Test durchgeführt. Mit Hilfe einer kleinen Gruppe von Testpersonen wurde ein erster funktionaler Test durchgeführt, der eine sehr hohe Erkennungsrate der umgesetzten Rollo-Geste von 96% erwiesen hat.

### 6.2. Ausblick

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit haben gezeigt, dass bei der Umsetzung einer gestenbasierter Steuerung für Smart-Home Umgebungen, die persönlichen Nutzerpräferenzen eine wichtige Rolle spielen. Mit Hilfe der prototypischen Implementierung einer Beispielgeste zur Steuerung von Fensterrollos wurde gezeigt, dass ein System zur schnellen und einfachen Umsetzung solcher Gesten hilfreich ist, um ein geeignetes Nutzerinterface bereitstellen zu können. Der vorgestellte Prototyp stellt jedoch nur den ersten notwendigen Schritt zur Entwicklung eines

geeigneten User-Interfaces dar. Ein weiterer Nutzertest der ersten Implementierung würde den Prototypen auf den Prüfstand stellen. Die Anwendung eines iterativen Entwicklungsprozesses, wie sie in der Softwareentwicklung von klassischen GUI-s bereits etabliert ist, würde hier ebenfalls Vorteile bringen. Ein geeigneter agiler und Nutzer-zentrierter Ansatz wurde von der Autorin dieser Masterarbeit ausgearbeitet und in [Bernat u. a. \(2017\)](#) vorgestellt. Im nächsten Schritt wäre somit notwendig, den Prototypen im ausführlichen User-Test zu evaluieren und das daraus resultierende Feedback in die Implementierung einfließen zu lassen.

Weiterhin ist die Implementierung eines Prototyps zur Steuerung des Lichtes ausstehend. Die Nutzerstudie hat gezeigt, dass hierfür keine eindeutige Geste gefunden werden konnte, die den Vorstellungen aller Benutzer gerecht wäre. Vielmehr müsste bei der Umsetzung auf die einzelnen User-Präferenzen geachtet werden und personalisierte Lösungen entwerfen.

Ein System, das eine einfache und schnelle Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit bietet, hilft enorm bei der Umsetzung der Useranforderungen. Auch die Adaptation an den technologischen Fortschritt und somit die Integration neuer Technologien und Sensorik muss einfach möglich sein. Um dem Nutzer eine Lösung anbieten zu können, die seinen Bedürfnissen optimal entgegen kommt, müsste das System zusätzlich in der Lage sein, sich selbständig an die Nutzerpräferenzen anzupassen. Ein System, das sich dem Nutzerverhalten anpasst und aus den Nutzereingaben lernen kann, wäre hier denkbar.

## Literatur

- [Bannon 2011] BANNON, Liam: Reimagining HCI: Toward a More Human-centered Perspective. In: *interactions* 18 (2011), Juli, Nr. 4, S. 50–57. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1978822.1978833>. – ISSN 1072-5520
- [Barnkow und von Luck 2012] BARNKOW, Lorenz ; LUCK, Kai von: *Semiautomatic and User-Centered Orientation of Digital Artifacts on Multi-touch Tabletops*. S. 381–388. In: HERRLICH, Marc (Hrsg.) ; MALAKA, Rainer (Hrsg.) ; MASUCH, Maic (Hrsg.): *Entertainment Computing - ICEC 2012: 11th International Conference, ICEC 2012, Bremen, Germany, September 26-29, 2012. Proceedings*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2012. – URL [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33542-6\\_34](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33542-6_34). – ISBN 978-3-642-33542-6
- [Baudisch u. a. 2013] BAUDISCH, Patrick ; POHL, Henning ; REINICKE, Stefanie ; WITTMERS, Emilia ; LÜHNE, Patrick ; KNAUST, Marius ; KÖHLER, Sven ; SCHMIDT, Patrick ; HOLZ, Christian: Imaginary Reality Gaming: Ball Games Without a Ball. In: *Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (UIST '13), S. 405–410. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2501988.2502012>. – ISBN 978-1-4503-2268-3
- [Benyon u. a. 2005] BENYON, D. ; TURNER, P. ; TURNER, S.: *Designing Interactive Systems: People, Activities, Contexts, Technologies*. Addison-Wesley, 2005. – URL <https://books.google.se/books?id=iWe7VkFW0zMC>. – ISBN 9780321116291
- [Bernat u. a. 2017] BERNAT, Karolina ; GHOSE, Sobin ; VON LUCK, Kai ; VOGT, Florian: A Method for an Agile, User Centered Development of Natural User Interfaces. In: *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), 2017*
- [Bien u. a. 2003] BIEN, Z. Z. ; DO, Jun-Hyeong ; KIM, Jung-Bae ; STEFANOV, Dimitar ; PARK, Kwang-Hyun: *User-Friendly Interaction/Interface Control of Intelligent Home for Movement-Disabled People*. 2003
- [Blaine und Fels 2003] BLAINE, Tina ; FELS, Sidney: Contexts of Collaborative Musical Experiences. In: *Proceedings of the 2003 Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Singapore, Singapore : National University of Singapore, 2003 (NIME '03), S. 129–134. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1085714.1085745>

- [Bohnsack u. a. 2013] BOHNSACK, Ralf ; NENTWIG-GESEMANN, Iris ; NOHL, Arnd-Michael ; SPRINGER (Hrsg.): *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis*. Springer VS, 2013. – URL <http://www.springer.com/de/book/9783531198941#aboutAuthors>
- [Bolt 1980] BOLT, Richard A.: "Put-that-there": Voice and Gesture at the Graphics Interface. In: *SIGGRAPH Comput. Graph.* 14 (1980), Juli, Nr. 3, S. 262–270. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/965105.807503>. – ISSN 0097-8930
- [Chou u. a. 2016] CHOU, S. Y. ; WANG, S. C. ; FAN, Y. C.: Depth and color-based three dimensional natural user interface. In: *2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW)*, URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/7521054/>, May 2016, S. 1–2
- [Do u. a. 2005] DO, Jun-Hyeong ; JANG, Hyoyoung ; JUNG, Sung H. ; JUNG, Jinwoo ; BIEN, Zeungnam: Soft remote control system in the intelligent sweet home. In: *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Aug 2005, S. 3984–3989. – ISSN 2153-0858
- [Do u. a. 2006] DO, Jun-Hyeong ; JUNG, Sung H. ; JANG, Hyoyoung ; YANG, Seung-Eun ; JUNG, Jin-Woo ; BIEN, Zeungnam: Gesture-Based Interface for Home Appliance Control in Smart Home. In: *Smart Homes and Beyond ICOST 2006 Volume 19 Assistive Technology Research Series* Bd. 19, 2006, S. 23–30
- [Dontschewa u. a. 2016] DONTSCHEWA, M. ; ROSMANN, S. ; MARINOV, M.: Using motion capturing sensor systems for natural user interface. In: *2016 XXV International Scientific Conference Electronics (ET)*, URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/7753474/>, Sept 2016, S. 1–4
- [Eichler u. a. 2017] EICHLER, Tobias ; DRAHEIM, Susanne ; GRECOS, Christos ; WANG, Qi ; VON LUCK, Kai: Scalable Context-Aware Development Infrastructure for Interactive Systems in Smart Environments. In: *Fifth International Workshop on Pervasive and Context-Aware Middleware 2017 (PerCAM'17)*. Rome, Italy, Oktober 2017
- [Ellenberg u. a. 2011] ELLENBERG, Jens ; KARSTAEDT, Bastian ; VOSKUHL, Sören ; LUCK, Kai von ; WENDHOLT, Birgit: *An Environment for Context-Aware Applications in Smart Homes*. 2011

- [Gauselmann AG 2014] GAUSELMANN AG: *Gauselmann AG Pressemitteilung*. 05 2014. – URL [http://gauselmann.de/Presse/Pressemitteilungen/Pressemitteilung\\_10593.html](http://gauselmann.de/Presse/Pressemitteilungen/Pressemitteilung_10593.html). – Abgerufen am 11.02.2016.
- [Ghose 2014] GHOSE, Sobin: *Konzeption und Evaluation eines interaktiven Badezimmerspiegels*. Bachelorthesis. 2014. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/bachelor/ghose.pdf>
- [Ghose 2015a] GHOSE, Sobin: *Gestenbasierte Steuerung in Smart Environments / HAW Hamburg*. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2016-proj/ghose.pdf>, 2015. – Projektbericht
- [Ghose 2015b] GHOSE, Sobin: *Integrationsplattform für HCI Untersuchungen in Smart Environments / HAW Hamburg*. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2015-gsem/ghose/bericht.pdf>, 2015. – Seminarbericht
- [Gregor u. a. 2009] GREGOR, Sebastian ; RAHIMI, Mohammad A. ; VOGT, Matthias ; SCHULZ, T. ; LUCK, K. von: *Tangible Computing revisited: Anfassbare Computer in Intelligenten Umgebungen*. 4. Kongress Multimediatechnik. 2009. – Wismar
- [Gustafson u. a. 2010] GUSTAFSON, Sean ; BIERWIRTH, Daniel ; BAUDISCH, Patrick: *Imaginary Interfaces: Spatial Interaction with Empty Hands and Without Visual Feedback*. In: *Proceedings of the 23Nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. New York, NY, USA : ACM, 2010 (UIST '10), S. 3–12. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1866029.1866033>. – ISBN 978-1-4503-0271-5
- [Gustafson u. a. 2011] GUSTAFSON, Sean ; HOLZ, Christian ; BAUDISCH, Patrick: *Imaginary Phone: Learning Imaginary Interfaces by Transferring Spatial Memory from a Familiar Device*. In: *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. New York, NY, USA : ACM, 2011 (UIST '11), S. 283–292. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2047196.2047233>. – ISBN 978-1-4503-0716-1
- [HAW Hamburg 2017] HAW HAMBURG: *Living Place Hamburg*. 2017. – URL <http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de>. – abgerufen 03.2017
- [Honold u. a. 2012] HONOLD, Frank ; SCHÜSSEL, Felix ; NOTHDURFT, Florian ; KURZOK, Peter: *Companion Technology for Multimodal Interaction*. In: *Proceedings of the 14th ACM International Conference on Multimodal Interaction*. New York, NY, USA : ACM, 2012 (ICMI

- '12), S. 67–68. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2388676.2388696>. – ISBN 978-1-4503-1467-1
- [ISO 1999] ISO: *Human-centred design processes for interactive systems*. 1999. – URL <https://www.iso.org/standard/21197.html>
- [ISO 2010] ISO: *Human-centred design processes for interactive systems*. 2010. – URL <https://www.iso.org/standard/52075.html>
- [Jia u. a. 2007] JIA, Pei ; HU, Huosheng H. ; LU, Tao ; YUAN, Kui: Head gesture recognition for hands-free control of an intelligent wheelchair. In: *Industrial Robot: An International Journal* 34 (2007), Nr. 1, S. 60–68. – URL <http://dx.doi.org/10.1108/01439910710718469>
- [Kühnel u. a. 2011] KÜHNEL, Christine ; WESTERMANN, Tilo ; HEMMERT, Fabian ; KRATZ, Sven ; MÜLLER, Alexander ; MÖLLER, Sebastian: I'm home: Defining and evaluating a gesture set for smart-home control. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 69 (2011), Nr. 11, S. 693 – 704. – URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581911000668>. – ISSN 1071-5819
- [Kim und Kim 2006] KIM, D. ; KIM, D.: An Intelligent Smart Home Control Using Body Gestures. In: *2006 International Conference on Hybrid Information Technology* Bd. 2, URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/4021249/>, Nov 2006, S. 439–446
- [Kim u. a. 2003] KIM, Y. ; PARK, K.-H. ; SEO, K.-H. ; KIM, C. H. ; LEE, W.-J. ; SONG, W.-G. ; DO, J.-H. ; LEE, J.-J. ; KIM, B. K. ; KIM, J.-O. ; LIM, J.-T. ; BIEN, Z. Z.: A report on questionnaire for developing intelligent sweet home for the disabled and the elderly in Korean living conditions. In: *Proc. of the 8th Int. Conf. on Rehabilitation Robotics (ICORR 2003)*. Daejeon, Korea, 2003, S. 171–174. – URL [https://www.tib.eu/de/suchen/id/BLCP%3ACN050759748/A-Report-on-Questionnaire-for-Developing-Intelligent/?tx\\_tibsearch\\_search%5Bsearchspace%5D=tnhttp://rtcl.kaist.ac.kr/cgi-bin/spboard/board.cgi?id=IC&action=download&gul=59](https://www.tib.eu/de/suchen/id/BLCP%3ACN050759748/A-Report-on-Questionnaire-for-Developing-Intelligent/?tx_tibsearch_search%5Bsearchspace%5D=tnhttp://rtcl.kaist.ac.kr/cgi-bin/spboard/board.cgi?id=IC&action=download&gul=59)
- [Kita 2009] KITA, Sotaro: Cross-cultural variation of speech-accompanying gesture: A review. In: *Language and Cognitive Processes* 24 (2009), Nr. 2, S. 145–167. – URL <http://dx.doi.org/10.1080/01690960802586188>

- [Langbehn u. a. 2015] LANGBEHN, Eike ; EICHLER, Tobias ; GHOSE, Sobin ; LUCK, Kai von ; BRUDER, Gerd ; STEINICKE, Frank: Evaluation of an Omnidirectional Walking-in-Place User Interface with Virtual Locomotion Speed Scaled by Forward Leaning Angle. In: *Proceedings of the GI Workshop on Virtual and Augmented Reality (GI VR/AR)*, URL <http://basilic.informatik.uni-hamburg.de/Publications/2015/LEGVBS15>, 2015, S. 149–160
- [LaViola 2013] LAVIOLA, Joseph J.: 3D Gestural Interaction: The State of the Field. In: *ISRN Artificial Intelligence 2013* (2013), S. 18. – URL <http://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/514641/>
- [Lin u. a. 2013] LIN, Shih-Yao ; SHIE, Chuen-Kai ; CHEN, Shen-Chi ; HUNG, Yi-Ping: Air-Touch Panel: A Re-anchorable Virtual Touch Panel. In: *Proceedings of the 21st ACM International Conference on Multimedia*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (MM '13), S. 625–628. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2502081.2502164>. – ISBN 978-1-4503-2404-5
- [von Luck u. a. 2010] LUCK, Prof. Dr. K. von ; KLEMKE, Prof. Dr. G. ; GREGOR, Sebastian ; RAHIMI, Mohammad A. ; VOGT, Matthias: *Living Place Hamburg - A place for concepts of IT based modern living*. Forschungsbericht. 2010. – URL [http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/content/LivingPlaceHamburg\\_en.pdf](http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/content/LivingPlaceHamburg_en.pdf)
- [Microsoft Corporation 2017] MICROSOFT CORPORATION: *Kinect for Windows Homepage*. Homepage. 2017. – URL <http://www.xbox.com/de-DE/xbox-one/accessories/kinect>. – abgerufen 02.2017
- [Mitra und Acharya 2007] MITRA, S. ; ACHARYA, T.: Gesture Recognition: A Survey. In: *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on* 37 (2007), May, Nr. 3, S. 311–324. – ISSN 1094-6977
- [Mulling und Sathiyarayanan 2015] MULLING, Tobias ; SATHIYANARAYANAN, Mithileysh: Characteristics of Hand Gesture Navigation: A Case Study Using a Wearable Device (MYO). In: *Proceedings of the 2015 British HCI Conference*. New York, NY, USA : ACM, 2015 (British HCI '15), S. 283–284. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2783446.2783612>. – ISBN 978-1-4503-3643-7
- [Neßelrath u. a. 2011] NESSELRATH, Robert ; LU, Chensheng ; SCHULZ, ChristianH. ; FREY, Jochen ; ALEXANDERSSON, Jan: A Gesture Based System for Context - Sensitive Inter-

- action with Smart Homes. In: WICHERT, Reiner (Hrsg.) ; EBERHARDT, Birgid (Hrsg.): *Ambient Assisted Living*. Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 209–219. – URL [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-18167-2\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-18167-2_15). – ISBN 978-3-642-18166-5
- [Norman 2010] NORMAN, Donald A.: Natural User Interfaces Are Not Natural. In: *interactions* 17 (2010), Mai, Nr. 3, S. 6–10. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1744161.1744163>. – ISSN 1072-5520
- [Rahimi und Vogt 2011] RAHIMI, Mohammad A. ; VOGT, Matthias: *Seamless Interaction - Natürliche Interaktionen in Smart Living Umgebungen*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Masterarbeit, 2011. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/master/rahimi-vogt.pdf>
- [Raiten 2011] RAITEN, Shai: *Kinect - Getting Started - Become The Incredible Hulk*. Blog. 06 2011. – URL <http://blogs.microsoft.co.il/shair/2011/06/17/kinect-getting-started-become-the-incredible-hulk/>
- [Röcker 2015] RÖCKER, Christian: Intelligent Environments as a Promising Solution for Addressing Current Demographic Changes. In: *International journal of innovation, management and technology : IJIMT* (2015), S. 76–79
- [RoboCup 2012] ROBOCUP: *RoboCup Homepage*. Web-Site. 2012. – URL <http://www.robocup.org>. – abgerufen am 11.12.2017.
- [Sharma u. a. 2012] SHARMA, Naman ; MARINGANTI, Hima B. ; ASAWA, Krishna: Upper Body Pose Recognition and Classifier. In: *Proceedings of the 5th ACM COMPUTE Conference: Intelligent & Scalable System Technologies*. New York, NY, USA : ACM, 2012 (COMPUTE '12), S. 8:1–8:5. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2459118.2459126>. – ISBN 978-1-4503-1440-4
- [Steins u. a. 2013] STEINS, Christian ; GUSTAFSON, Sean ; HOLZ, Christian ; BAUDISCH, Patrick: Imaginary Devices: Gesture-based Interaction Mimicking Traditional Input Devices. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (MobileHCI '13), S. 123–126. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2493190.2493208>. – ISBN 978-1-4503-2273-7
- [Subramanian 2015] SUBRAMANIAN, A.: Integration of Natural User Interface in a Real-World Environment. In: *2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence*

- Communication Technology*, URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/7078796/>, Feb 2015, S. 714–718
- [Tripathi 2005] TRIPATHI, Arun K.: Reflections on Challenges to the Goal of Invisible Computing. In: *Ubiquity 2005* (2005), Mai, Nr. May, S. 1–1. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1071931.1071932>. – ISSN 1530-2180
- [Wang u. a. 2016] WANG, C. H. ; ZHENG, L. J. ; FAN, Y. C.: Design of three dimensional gestures interactive displays based on complex background. In: *2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW)*, May 2016, S. 1–2
- [Weigel 2006] WEIGEL, Thilo: *Roboter-Fußball: Perzeption, Deliberation und Aktion autonomer Systeme in dynamischen Umgebungen*, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Dissertation, 2006. – URL <http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/2483/index.html>
- [Weigel und Nebel 2002] WEIGEL, Thilo ; NEBEL, Bernhard: KiRo - An Autonomous Table Soccer Player. In: *RoboCup*, URL <http://www.springerlink.com/index/6QAQH0GMCRDJPUBE.pdf>, 2002, S. 384–392
- [Weigel und Nebel 2008] WEIGEL, Thilo ; NEBEL, Bernhard: Tischfußball: Mensch versus Computer. In: *Informatik Spektrum* 31 (2008), Nr. 4, S. 323–332. – URL <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00287-008-0255-z>
- [Weiser 1991] WEISER, Mark: The Computer for the 21st Century. In: *Scientific American* 265 (1991), September, Nr. 3, S. 94–104. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/329124.329126>. – ISSN 1559-1662
- [Wigdor und Wixon 2011] WIGDOR, Daniel ; WIXON, Dennis: *Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture*. 1st. San Francisco, CA, USA : Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011. – ISBN 0123822319, 9780123822314
- [Williamson u. a. 2011] WILLIAMSON, B. ; WINGRAVE, C. ; LAVIOLA, J. ; ROBERTS, T. ; GARRITY, P.: Natural Full Body Interaction for Navigation in Dismounted Soldier Training. In: *Proceedings of the Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC) 2011*, URL <http://www.eecs.ucf.edu/isuelab/publications/pubs/itsec2011.pdf>, 12 2011, S. 2103–2110. – <https://www.youtube.com/watch?v=846146PuoIM>

- [Wobbrock u. a. 2009] WOB BROCK, Jacob O. ; MORRIS, Meredith R. ; WILSON, Andrew D.: User-defined Gestures for Surface Computing. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2009 (CHI '09), S. 1083–1092. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1518701.1518866>. – ISBN 978-1-60558-246-7
- [Yang u. a. 2006] YANG, Seung-eun ; DO, Jun-hyeong ; JANG, Hyoyoung ; JUNG, Jin-woo ; BIEN, Zeungnam: *Advanced Soft Remote Control System in Human-friendliness*. 2006

## A. Fragebogen

### Fragebogen 1

1. Bitte gebe Sie Ihr Alter an:

< 18	18-20	21-24	25-29	30-35	36-45	> 45	Enthaltung
<input type="radio"/>							

2. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:

Weiblich	Männlich	Enthaltung
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Sind Sie im laufenden Semester (SoSe 2015) eingeschriebener Student einer Hochschule?

Ja	Nein	Enthaltung
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Haben Sie bereits mit raumbezogenen (dreidimensionalen) Gesten gearbeitet (z.B. bei Computerspielen)?

Ja	Nein	Enthaltung
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

a. Wenn Ja, in welchem Zusammenhang?

---

b. Wie vertraut schätzen Sie Ihren Umgang mit Gestensteuerung ein?

1 nicht vertraut	2	3	4	5 sehr vertraut
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Könnten Sie sich vorstellen auch in anderen Wohnsituationen mit Gesten zu arbeiten?

Ja	Nein	Enthaltung
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Welche Bedienungsmöglichkeiten würden Sie sich wünschen?

---

7. Würden Sie lieber eine Geste zur Steuerung selbst bestimmen oder eine Vorlage nutzen?

Selbst bestimmen	Vorlage nutzen	Enthaltung
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Sind Sie Rechts- oder Linkshänder?

Rechtshänder	Linkshänder	Enthaltung
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 39: Fragebogen

## B. Einverständniserklärung

### Einverständniserklärung

**Thema der Untersuchung**

Gestensteuerung von Haushaltsgeräten in einer Smart-Home Umgebung

**Durchführende Studentin:**

Karolina Bernat

**Einverständniserklärung:**

Mit Ihrer Unterschrift bestätigen Sie o. g. Informationen zur Teilnahme an der Untersuchung verstanden zu haben, mit diesem Vorgehen einverstanden zu sein und als Teilnehmer diese Untersuchung durchzuführen.

Sollten Sie weitere Fragen in Bezug auf die Untersuchung oder deren Rahmenbedingungen haben, kontaktieren Sie bitte die durchführende Studentin:

Karolina Bernat

Email: Karolina.Bernat@haw-hamburg.de

	JA	NEIN
Ich stimme zu, an o.g. Aufgaben teilzunehmen		
Ich stimme Video, Audio- und Fotoaufnahmen zu		
Ich stimme zu, dass meine anonymisierten Aussagen direkt zitiert werden dürfen		
Ich stimme zu, dass die Videostandbilder und Fotos (Gesicht unkenntlich) für Präsentationen und/oder andere Veröffentlichungen verwendet werden dürfen		

\_\_\_\_\_  
Name TeilnehmerIn (bitte leserlich)

\_\_\_\_\_  
Unterschrift TeilnehmerIn

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Mailadresse (optional)

Abbildung 40: Einverständniserklärung

*Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.*

Hamburg, 16. Oktober 2017

---

Karolina Bernat