



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

# Masterarbeit

Oliver Dreschke

Entwicklung kontextsensitiver Möbel für  
intelligente Wohnumgebungen

*Fakultät Technik und Informatik  
Studiendepartment Informatik*

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

Oliver Dreschke  
Entwicklung kontextsensitiver Möbel für intelligente  
Wohnumgebungen

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung  
im Studiengang Informatik  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. rer. nat. Kai von Luck  
Zweitgutachter : Prof. Dr. rer. nat. Gunter Klemke

Abgegeben am 20. Juli 2011

**Oliver Dreschke**

**Thema der Masterarbeit**

Entwicklung kontextsensitiver Möbel für intelligente Wohnumgebungen

**Stichworte**

intelligente Möbel, intelligente Wohnumgebungen, computational furniture, intelligenter Boden

**Kurzzusammenfassung**

Eine wichtige Ergänzung zu intelligenten Wohnumgebungen ist eine Idee über den Kontext von Handlungen seiner Bewohner. Dieser Kontext ermöglicht es intelligenten Wohnumgebungen sinnvollere Aktionen zur Unterstützung seiner Bewohner einzuleiten.

Zur Gewinnung von Kontext sind Informationen notwendig. Besonders die Position eines Bewohners und der vom Bewohner zurück gelegte Weg ermöglichen Rückschlüsse auf die Intentionen des Bewohners.

In dieser Masterarbeit geht es um die Gewinnung dieser Daten. Dabei soll auf Kameras und zusätzliche Hardware verzichtet werden, die das Wohngefühl verändern könnten. Diese Arbeit beschreibt einen Ansatz für den Einsatz von Möbelstücken als Ersatz für Kameras und externe Sensoren. Gleichzeitig zeigt diese Arbeit Wege auf, wie eine gute Basis für kontextsensitive Möbel aussehen könnte.

Dafür wurden verschiedene Prototypen gefertigt und eine entsprechende Software entwickelt. Gemeinsam bieten die Soft- und Hardware eine Basis für kontextsensitive Möbel.

**Oliver Dreschke**

**Title of the paper**

Development of context aware furniture for smart homes

**Keywords**

intelligent furniture, smart homes, computational furniture, context awareness, intelligent floor

**Abstract**

The knowledge, of the context of actions residents take, is an important addition to smart environments. The knowledge of the context allows better support by the environment.

The base for context is information. Especially informations about the position of a resident and where he goes is valuable. The position and possible destination of a resident can help forecasting his next actions.

This master thesis is about collecting data. It avoids cameras and extra sensor hardware that might have an impact on the way people live. Instead this thesis shows an approach that turns furniture in smart sensors and builds a base for context aware furniture.

To show and evaluate this base for context aware furniture, several prototypes and a special software were built. The shown combination of the built soft- and hardware is a good base for context sensitive furniture.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Analyse</b>	<b>11</b>
2.1	Entwicklung von Wohnumgebungen . . . . .	11
2.2	Smart Homes . . . . .	12
2.2.1	Ambient Assisted Living . . . . .	13
2.2.2	Living Place Hamburg . . . . .	17
2.3	Einordnung von Smart Homes in den wissenschaftlichen Kontext . . . . .	18
2.4	Smart Sensors . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Vorarbeiten</b>	<b>24</b>
3.1	Grundlegende Eigenschaften und Anforderungen kontextsensitiver Möbel . . . . .	24
3.2	Funktionale Eigenschaften und Anforderungen für kontextsensitive Möbel . . . . .	26
3.3	Überblick Sensortechnologien . . . . .	27
3.3.1	Matrizen aus Kraftsensoren . . . . .	28
3.3.2	Balancesensor . . . . .	30
3.3.3	Kapazitive Sensoren . . . . .	31
3.3.4	Eigenbau SensorMatrix . . . . .	34
3.4	Zusammenfassung . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Szenarien und Entwickelte Hardware</b>	<b>37</b>
4.1	Intelligenter Boden . . . . .	37
4.1.1	Zusammenfassung . . . . .	51
4.2	Intelligenter Stuhl . . . . .	51
4.3	Intelligenter Tisch . . . . .	55
4.4	Intelligentes Bett . . . . .	60
4.5	Intelligentes Sofa . . . . .	62
4.5.1	Szenarien . . . . .	62
4.5.2	Ähnliche Arbeiten . . . . .	64
4.5.3	Abgrenzung zu ähnlichen Arbeiten . . . . .	65
4.5.4	Entwickelter Prototyp . . . . .	65
4.6	Betrachtung der Ergebnisse . . . . .	82

---

<b>5 Entwickelte Software</b>	<b>84</b>
5.1 Anwendungssoftware . . . . .	84
5.2 Embedded Software . . . . .	90
5.3 Betrachtung der Ergebnisse . . . . .	91
<b>6 Fazit und Ausblick</b>	<b>94</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>98</b>

# 1 Einleitung

Ein Sofa ist zum Sitzen da, auf den Tisch gehören die Fernbedienung, eine Zeitschrift sowie die schmerzenden Füße eines langen Arbeitstages. Der Teppich hält die Füße warm und wird zwei mal die Woche gesaugt. Möbel umgeben uns, ihre Funktionen sind eindeutig definiert.

Wohnmöbel werden gekauft, um einem bestimmten Zweck zu dienen. In wenigen Fällen bekommen Möbel eine zweite Aufgabe zugeteilt. Das Sofa ist zum Sitzen da, es sei denn es handelt sich um ein Schlafsofa, einem Hybrid aus Sofa und Bett. Das Schlafsofa kann ausgeklappt werden, wobei es seine Eigenschaften als Sofa verliert und die Eigenschaften eines Bettes annimmt. Das Bett ist zum Liegen da, zum Schlafen, ausruhen, etwas lesen. Die Aufgaben zwischen Bett und Sofa sind klar eingeteilt.

Auch auf einem Sofa kann gelegen werden, zum Schlafen aber wird das Bett genutzt. Diese Einteilung hat sich bewährt.

Möbel können auch anders genutzt werden, als ursprünglich geplant. Ein Bett oder Sofa kann ein guter Ersatz für ein Trampolin sein. Die Frage könnte entstehen, wozu ein Schrank benötigt wird, da ein Sofa die Wäsche wunderbar halten kann. Wird jedoch die Frage gestellt, welche Aufgabe ein Sofa hat, kommt zwangsläufig irgendwann die allgemein akzeptierte Antwort, das Sofa sei ein Gegenstand auf dem gesessen wird.

Jedes Möbelstück dient einem Zweck, der zwar im Alltag abgewandelt werden kann, von der Gesellschaft jedoch akzeptiert und für gut befunden wurde. Gleichzeitig sind Möbel bekannt. Menschen kaufen Möbel, gestalten ihre Wohnumgebung mit ihnen und fühlen sich „zu Hause“. Möbel sind aus Wohnungen nicht wegzudenken und werden daher auch zentraler Bestandteil des Lebens in intelligenten Wohnumgebungen sein.

Bei intelligenten Wohnumgebungen handelt es sich um ein weit gefasstes Themengebiet, welches unterschiedlich definiert sein kann. Eine intelligente Wohnumgebung kann ein Haus sein, in dem elektrische Geräte von der Beleuchtung, bis zur Kaffeemaschine mit dem Mobiltelefon gesteuert und überwacht werden können. Eine intelligente Wohnumgebung kann aber auch ein mitdenkendes Haus als Partner des Menschen darstellen.

Das mitdenkende Haus als intelligente Wohnumgebung benötigt Informationen, Sensoren und Aktoren. Die Sensoren ermöglichen es, Situationen zu erfassen und daraus Handlungen abzuleiten.

Zur Erfassung von Situationen benötigt eine intelligente Wohnumgebung neben Sensoren eine Idee von der Bedeutung des Zustandes seiner Sensoren. Diese Bedeutung wird aus dem sogenannten Kontext einer Situation gewonnen. Der Kontext ermöglicht eine Antwort auf die Frage, warum seit zehn Minuten die Türklingel betätigt wird, aber der Bewohner des Hauses auf dem Sofa bleibt.

Sieht der Nutzer gerade seine Lieblingssendung im Fernsehen und ignoriert die Tür bewusst? Sollte die Klingel eher ausgeschaltet werden, um den Bewohner nicht zu stören? Oder erwartet der Bewohner seine Familie aus einem 400 km entfernten Ort, ist aber auf dem Sofa eingeschlafen und möchte geweckt werden? Die Bedeutung entsteht aus dem Kontext übermittelter Informationen.

Für dieses Beispiel könnten die Informationen „der Fernseher ist an“ kombiniert mit „Zeit ist innerhalb der Sendezeit der Lieblingssendung“ und „der Kanal steht auf dem Programm für die Lieblingssendung“ ausreichen. Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, dass der Bewohner das Sofa verlassen hat und das Gästequartier auf dem Dachboden einrichtet. Das Handy liegt auf dem Tisch, Telefon und Türklingel sind zu leise. In dieser Situation sollte die Türklingel lauter gestellt werden.

Dieses Beispiel zeigt, dass Informationen aus Geräten und Schaltern nicht immer ausreichen, um eine sichere Bestimmung des Kontextes einer Situation zu gewährleisten. Zur Erkennung von Kontext ist die Information über den Aufenthaltsort und der Aktivität einer Person besonders wichtig.

Um an Positionsinformationen zu gelangen, können unterschiedliche Sensoren eingesetzt werden. Eine interessante Lösung bieten beispielsweise Kameras. Kameras sind sehr flexibel einsetzbar. Mit der richtigen Software können Kameras Bewegungen, Orte und sogar Gesten erkennen. Diese Flexibilität führt gleichzeitig zu möglichen Akzeptanzproblemen.

Kameras erfassen Bilder und beinhalten damit die Möglichkeit, Menschen auszuspionieren, weshalb viele Menschen davon absehen werden, Kameras in ihren Räumen installieren zu lassen.

Neben Kameras, existieren verschiedene nicht bildgebende Sensoren, die helfen, Bewegungen und Positionen von Menschen zu erfassen. Das Problem bleibt jedoch, dass neue Geräte angeschafft, installiert, kalibriert und versteckt werden müssen. Die Wohnumgebung verändert ihr Gesicht. Zu den am Anfang beschriebenen, bekannten Möbeln gesellen sich neue Gegenstände. Diese Gegenstände müssen untergebracht werden und haben bestimmte Anforderungen an ihren Einsatzort.

Hier setzt diese Masterarbeit an. Sie bewegt sich in die Richtung des mitdenkenden Hauses als intelligente Wohnumgebung, welches über verschiedene, vernetzte Sensoren und Aktoren verfügt. Gleichzeitig soll der invasive Eingriff in das bisherige Wohngefühl, durch das Anbringen neuer Sensoren verhindert werden.

Um diesen Eingriff in das Wohngefühl zu verhindern, werden Möglichkeiten betrachtet, Sensoren in bereits existierende Objekte in Wohnumgebungen zu integrieren. Hier bieten sich Möbel an. Wie anfangs beschrieben, befinden sich Möbel in jeder Wohnumgebung. Sie sind akzeptiert und werden regelmäßig genutzt.

Die Aufwertung von Möbeln zu intelligenten Möbeln als Ergänzung kontextsensitiver Wohnumgebungen, ist Bestandteil dieser Arbeit. Dabei sollen die Voraussetzungen für kontextsensitive Möbel geschaffen werden, die sich in das Living Place Hamburg integrieren.

Begonnen wird in dieser Arbeit in Kapitel 2 mit einer Betrachtung des Umfeldes dieser Arbeit. Es wird die Entwicklung von Wohnumgebungen beleuchtet und der Begriff „Smart Home“ geklärt. Anschließend folgt eine Einordnung der intelligenten Wohnumgebungen in den wissenschaftlichen Kontext und die Klärung des Begriffs der „Smart Sensors“.

In Kapitel 3 folgt eine Auseinandersetzung mit den Eigenschaften und Anforderungen an intelligente Möbel als Basis für kontextsensitive Möbel. Dabei werden die grundlegenden Eigenschaften konventioneller Möbel herausgearbeitet und festgelegt, wie Sensoren in diese integriert werden können. Nachdem der Rahmen für diese Arbeit bestimmt wurde, werden Sensortechnologien vorgestellt, die in Verbindung mit kontextsensitiven Möbeln zum Einsatz kommen können.

Kapitel 4 dient der Vorstellung von Szenarien, Konzepten und Prototypen, die im Rahmen dieser Arbeit entstanden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf das in Kapitel 4.5 vorgestellte intelligente Sofa gelegt, welches als Basis zum Vergleich der verschiedenen Technologien dient. Im Bereich des Sofas entstanden in Zusammenarbeit mit Ann-Kathrin Weiss, aus dem Studiengang Bekleidung- Technik und Management, textile Lösungen für verschiedene Sensoren. Diese textilen Sensorelemente fügen sich nahtlos in bestehende Sofas ein.

Zum Betrieben, zur Überwachung und zum Verständnis über die gewonnenen Daten, müssen diese aufgearbeitet werden. Diese Aufarbeitung übernimmt die in Kapitel 5 vorgestellte Software. Die Software ist im Rahmen dieser Masterarbeit entstanden und umfasst den kompletten Bereich von der Erfassung von Messwerten, bis zur Anzeige in einem 3D Modell des intelligenten Sofas.

Kapitel 6 fasst schließlich die wichtigsten Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick über mögliche, weitere Projekte.

## 2 Analyse

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Begrifflichkeiten dieser Arbeit und führt so in das Thema. Begonnen wird in Kapitel 2.1 mit der Entwicklung von Wohnumgebungen. Dort werden die Veränderungen von Wohnumgebungen im Laufe der Zeit beschrieben, um dabei Möglichkeiten und Schwierigkeiten bei der Einführung neuer, zusätzlicher Technologien zu erläutern.

Anschließend werden in Kapitel 2.2 aktuelle Modelle für das Wohnen der Zukunft vorgestellt. Dabei wird zwischen dem eher medizinischen Forschungsbereich des Ambient Assisted Living (AAL) und dem nicht medizinischen Bereich unterschieden.

Einen Wegweiser zur Ansiedlung dieser Arbeit in den wissenschaftlichen Kontext bietet Kapitel 2.3.

Kapitel 2.4 definiert den Begriff des Sensors und zeigt den Unterschied zwischen „gewöhnlichen“ und „intelligenten“ Sensoren auf.

Begonnen wird im folgenden Unterkapitel mit der Entwicklung von Wohnumgebungen.

### 2.1 Entwicklung von Wohnumgebungen

Seitdem Menschen sesshaft sind, beschäftigen sie sich mit der Gestaltung ihrer Umgebung und ihres Wohnraums.

Im Laufe der Zeit stiegen die Wohnstandards. So sind Errungenschaften wie fließend Wasser und Zentralheizung allzeit verfügbar. Elektrizität, Waschmaschinen, moderne Kochstellen oder die Toilette innerhalb der Wohnung, sind bereits für ältere Menschen Selbstverständlichkeiten, ohne die modernes Wohnen undenkbar geworden ist. Hinzugekommen sind zusätzliche Erweiterungen wie das Telefon, Fernsehen oder das Internet, welche heute für die Vernetzung untereinander und die Freizeitbeschäftigung praktisch überall zur Verfügung stehen.

Zu diesen grundlegenden Erweiterungen und Standards gesellen sich viele Einzellösungen, welche die Bequemlichkeit erhöhen oder den Nutzern Einsparungen versprechen wie Bewegungsmelder, automatische Garagentüröffner, Zeitschaltuhren, elektrisch verstellbare Massagesessel, etc.

Die ständige Verkleinerung und Weiterentwicklung dieser Komponenten, sowie deren Preisverfall, führen zum Versuch der Zusammenlegung und Kombination vorhandener Geräte. Beispiele hierfür sind der Kühlschrank mit Internetzugang oder die heute forcierte Verbindung aus Internetzugang und Fernseher. Die Kombination von Rauchmelder und Kamera erlaubt es z.B. in Bürogebäuden Fehlalarme von echten Gefahrensituationen zu unterscheiden und entsprechend zu reagieren.

Intelligente Wohnumgebungen erweitern diese Möglichkeiten erneut, indem bestehende Einzellösungen und Technologien miteinander vernetzt werden. Dadurch entstehen neue Möglichkeiten Systeme zu entwickeln, welche in der Lage sind, ihre Umwelt auf vielfältige Weise zu erkennen und darauf reagieren zu können. Für die Nutzung dieser Möglichkeiten gibt es unterschiedliche Metaphern, die die Befriedigung unterschiedlicher Bedürfnisse beschreiben.

Die zwei wichtigsten Metaphern werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt. Einen tiefer gehenden Überblick über eine große Anzahl an weltweiten Forschungsprojekten aus dem Bereich der intelligenten Wohnumgebungen bietet die Arbeit „A review of smart homes, Present state and future challenges“ von Marie Chana, Daniel Estève, Christophe Escribaa und Eric Campo [Chan u. a. \(2008\)](#).

## 2.2 Smart Homes

Nachdem in Kapitel 2.1 die Entwicklung von Wohnumgebungen beschrieben wurde, soll der aufgeworfene Begriff der „intelligenten Wohnumgebungen“, den „Smart Homes“ in diesem Kapitel näher betrachtet werden.

Zu intelligenten Wohnumgebungen gibt es verschiedene Metaphern. Zwei dieser Metaphern sollen in den folgenden Unterkapiteln vorgestellt werden. Begonnen wird in Kapitel 2.2.1 mit dem Bereich des „Ambient Assisted Living“. In diesem Bereich geht es um eine notwendige Unterstützung des Menschen. Das Augenmerk ist dabei darauf gerichtet, Menschen sowohl in hohem Alter, als auch bei Behinderungen ein möglichst lange anhaltendes, eigenständiges Leben zu bewahren. Anschließend werden am Beispiel des Living Place Hamburg im Unterkapitel 2.2.2 Möglichkeiten vorgestellt, die Smart Homes bieten können, um das Leben in Wohnbereichen angenehmer zu machen und zu bereichern.

## 2.2.1 Ambient Assisted Living

Die erste Metapher, die hier vorgestellt wird, ist das „Ambient Assisted Living“, kurz AAL. Das AAL ist ein stark gefördertes Forschungsgebiet welches Konzepte und Unterstützungsangebote zur Bewältigung des täglichen Lebens für Menschen mit Beeinträchtigungen beschreibt.

Die Relevanz des AAL wird überwiegend mit dem „Demografischen Wandel“ begründet. Dieser lässt sich für Deutschland u.a. im Datenreport 2008 nachlesen, nach dessen Aussage die Zahl der Menschen über 65 Jahre etwa bis zum Jahr 2040 stark von ca. 16 Millionen auf ca. 24 Millionen steigt(vgl. [Noll u. a., 2008](#), Seite 24). Dieser Anstieg der älteren Bevölkerung in Deutschland beschreibt gleichzeitig die zu erwartende Steigerung des Teils der Bevölkerung mit körperlichen und geistigen Einschränkungen in Deutschland. Diese zunehmende Zahl von hilfsbedürftigen Menschen macht ein frühes Suchen nach Modellen zur Unterstützung dieser Bevölkerungsgruppe notwendig, wie es mit dem AAL geschieht.

Weitere Ansätze für die Notwendigkeit des AAL haben Elke Driller et. al in ihrem Band „Ambient Assisted Living, Technische Assistenz für Menschen mit Behinderung“ untersucht. Neben der demografischen Entwicklung führen die Forscher gesellschaftliche Veränderungen als Hintergrund für den Bedarf des Technikeinsatzes auf. Driller et. al führen eine zunehmende „Individualisierung“ in der Gesellschaft als Ursache für den Zerfall familiärer und verwandtschaftlicher Bindungen, sowie die steigende Mobilität der Menschen als Probleme zusammen. Durch örtliche Trennung von Familienmitgliedern wird darüber hinaus im Pflegefall vermehrt professionelle Hilfe durch Pflegepersonal oder Technik erforderlich.

Nach Aussage der Autoren führen die oben genannten Probleme dazu, dass im Alter u.a. ein steigender Bedarf an altersgerechtem Wohnraum und technischen Hilfsmitteln entsteht (vgl. [Driller u. a., 2009](#), Seite 30f.).

Christian Ostermeier suchte nach einer allgemeingültigen Definition des Ambient Assisted Living und stellte auf seiner Suche fest, dass es eine allgemeingültige Definition nicht gibt. Es ist nicht definiert, ob sich das AAL auf den Wohnbereich begrenzt, ob es Pflegepersonal beinhalten darf oder welche Forschungs- und Wirtschaftsbereiche beteiligt sein können oder müssen (vgl. [Ostermeier, 2009](#), Seite 10f). Das Offen halten der beteiligten Forschungs- und Wissenschaftsbereiche stellt eine wichtige Eigenschaft für das AAL dar, da dieses eine große Interdisziplinarität ermöglicht. Diese Interdisziplinarität sorgt für ein potentiell sehr großes Spektrum an Lösungsansätzen und Vorschlägen für technische Hilfsmittel.

Um diese technischen Hilfsmittel geht es beim Ambient Assisted Living. Die Hilfsmittel sollen z.B. Unterstützung bei abnehmenden körperlichen und geistigen Fähigkeiten bieten und eine Aufrechterhaltung sozialer Beziehungen ermöglichen. Damit schafft das AAL Perspektiven, um möglichst lange ein eigenständiges, selbstbestimmtes Leben zu führen.

Eine Übersicht über mögliche Ziele und eingesetzte Techniken im Ambient Assisted Living zeigt die Tabelle 2.1 von Frau Elke Driller et. al. In diesem Beispiel bewegt sich das AAL in drei großen Aufgabenfeldern: Sicherheit, Autonomie und soziale Teilhabe.

Im Bereich der Sicherheit geht es bei Frau Driller et. al. besonders um die Überwachung von Körperfunktionen. Diese Überwachung ermöglicht eine schnelle Reaktion im medizinischen Notfall, die eine zeitnahe Benachrichtigung von Helfern ermöglicht. Hinzu kommen Systeme, welche an die Einnahme lebenswichtiger Medikamente erinnern und sicherstellen, dass Fehlbedienungen von Kochstellen o.ä. ausgeschlossen werden. Diese Überwachung kann dem Bewohner einer intelligenten Umgebung z.B. die Sicherheit geben, die er benötigt, um ein autonomes Leben führen zu können.

### **Stationäre Altenpflege**

Der Fokus des in Kapitel 2.2.1 vorgestellten Forschungsgebietes des Ambient Assisted Living (AAL) liegt im Bereich der Wohnungen. Wie beschrieben soll es Menschen ermöglicht werden, möglichst lange ein selbständiges Leben in den eigenen vier Wänden führen zu können.

Dennoch lassen sich die Technologien des AAL auch im Bereich der professionellen, stationären Pflege, beispielsweise in einer Seniorenresidenz, einsetzen. Der Gedanke besteht, dass Techniken des AAL auch Menschen in einer professionell betreuten Umgebung unterstützen und damit selbständiger machen können. Die Abnahme der Abhängigkeit zum Pflegepersonal führt hier zu einer Verbesserung der Lebensqualität und einem angenehmeren Arbeitsklima.

Ein Träger professioneller Pflege in Hamburg ist die Evangelische Stiftung Alsterdorf. Im Gespräch mit Herrn Eisenreich, Frau Wegner und anderen im Rahmen des Besuches eines Quartiers mit ständiger Betreuung in Hamburg, wurde bestätigt, dass ein zentrales Problem in der stationären Pflege aus dem Kostendruck und dem damit verbundenen Personalschlüssel besteht. Steigt die Zahl der Pflegebedürftigen, wie in Kapitel 2.2.1 mit dem demographischen Wandel begründet, steigt auch die Zahl der Pflegebedürftigen, was den Kostendruck weiter erhöht.

Eigene Erfahrungen im Zivildienst zeigten schon im Jahr 2000 das Problem, dass das Pflegepersonal für die Basispflege, bestehend aus Waschen und Ankleiden der Bewohner, stark ausgelastet war. Dadurch blieb wenig Zeit für die wichtige soziale Interaktion mit den Bewohnern, was sowohl für die Bewohner des Hauses, als auch für das Pflegepersonal eine unbefriedigende Situation darstellt. Mit der Abschaffung des Zivildienstes im Jahr 2011, ist eine zusätzliche Verschärfung der Zeitknappheit zu erwarten. Es bleibt abzuwarten ob Ersatzinstitutionen wie der Bundesfreiwilligendienst diese Lücke schließen können.

Gleichzeitig besteht im Pflegebereich immer die Gefahr, dass Bewohner eines Hauses aufgrund ihrer individuellen Einschränkungen in gefährliche Situationen kommen. So ist es beispielsweise notwendig einem Bewohner bei einem epileptischen Anfall möglichst schnell Hilfe zukommen zu lassen. Dafür sind zwei Dinge wichtig. Erstens muss der Anfall erkannt werden, zweitens ist es notwendig zu wissen, wo sich die Person in dem Moment befindet. Hier kann Technologie eine bedeutende Rolle einnehmen.

Im oben erwähnten Gespräch mit Mitarbeitern der evangelischen Stiftung Alsterdorf stellte sich heraus, dass die Überwachung von Bewohnern z.B. durch Kameras oder anderen technischen Hilfen im Modell mit kleinen betreuten Wohneinheiten skeptisch gesehen wird. Dieses kommt zum größten Teil daher, dass Ansprechpersonen vor Ort sind und im Fall eines Unfalls oder Problems schnell zur Stelle sind. Anders sieht es in großen Einrichtungen oder beim betreuten Wohnen aus, wo Menschen überwiegend alleine leben oder sich auf einem großen Gelände eigenständig bewegen. Hier ist die Detektion eines Problems und die sofortige Benachrichtigung eines Helfers mit Positionsangabe sehr willkommen und gewünscht.

Im Falle des ständig betreuten Wohnens in kleinen Einheiten lagen die Wünsche stärker im Bereich der Bedienbarkeit von Geräten, als bei der Unterstützung bei Alltagsproblemen. Die Unterstützung bei Alltagsproblemen geschieht hier durch Menschen, interessant ist für die Betroffenen aber die Antwort auf die Frage, wie ein Bewohner selbstständig seine Lieblingsmusik einschalten oder das Internet bedienen kann.

Die oben genannten Beispiele zeigen die Notwendigkeit einer genauen Differenzierung bei der stationären Pflege. Ist die stationäre Pflege so aufgebaut, das Pflegepersonal aktiv vor Ort ist, verengt sich der Bereich, in dem Technik zur Unterstützung gewünscht ist, auf das zugänglich machen gewöhnlicher Alltagsaktivitäten. Gefahren kann von verfügbaren Pflegern entgegen gewirkt werden. Diese geben den Bewohnern auch die notwendige Sicherheit sich frei im Raum bewegen zu können.

Je schwächer die lokale Bindung der Pflegekraft zum Ort des Bewohners ist, desto mehr Interesse wird technischen Errungenschaften entgegen gebracht. Technologien wie Positionserkennung, automatische Systeme zum Rufen von Hilfe und zur Erkennung von Situationen, in denen ein hilfsbedürftiger Mensch die Hilfe einer Pflegeperson wünscht, sind mit Abnahme der lokalen Bindung zunehmend willkommen.

Im erstgenannten Beispiel des betreuten Wohnens mit ständiger Pflegepräsenz kann das AAL seine Stärken nicht ausspielen. Je weniger Betreuungsbedarf besteht, desto sinnvoller scheint jedoch der Einsatz von Assistenzsystemen und die Akzeptanz steigt.

Aufgabengebiet	Implementierungsbeispiele
<p><b>Sicherheit</b> Überwachung der Sicherheit der Person</p> <p>Medizinische Monitoring Systeme (Messung von Vitalparametern wie Puls, Atmung, Blutdruck, Körpertemperatur)</p>	<p>Automatische Notrufsysteme (Alarmfunktion in Form von automatischen Rufsystemen, um Nachbarn, lokale Einrichtungen, Behörden im Notfall benachrichtigen zu können), Überwachungskameras, Notfallarmbanduhren, automatisierte Medikamenteneinnahme, Sturzmelder und Falldetektoren</p> <p>sensorische Matratzen, Augenscan für Diabetiker, Analyse des Urins in speziellen Toiletten zur Messung des Blutzuckers</p>
<p><b>Sicherheit und Autonomie</b> Haustechnik-Management (Steuerung der häuslichen Infrastruktur)</p> <p>Lifestyle Monitoring Systeme</p>	<p>Fernsteuerung von Rollläden, Mikrowellen und Herde mit Kochsensoren; automatisches Abschalten des Badewassers, Überlaufschutz in Becken und Wanne, Überschwemmungs- und Extremtemperatur-Sensoren in Badewannen, Ortungssysteme für verlegte Gegenstände, Gefahrenmelder (Feuer, Wasser, Gas, Einbruch), automatische Steuerung von Heizung, Klimaanlage, Licht u.ä. durch Bewegung ausgelöste Beleuchtung, Hausüberwachung durch Schuhtransponder</p> <p>Aufzeichnung von Verhaltensmuster des Bewohners; Auslösen des Alarms nur bei Abweichung</p>
<p><b>Autonomie</b> Unterstützung bei der Alltagsorganisation</p>	<p>Day-Time-Manager (Tagesablauf, Agenda)</p>
<p><b>Soziale Teilhabe</b> Kompensation von Seh- und Hörbehinderungen</p> <p>Kommunikationsmedien</p> <p>Unterhaltungselektronik</p> <p>Unterstützung und Gewährleistung der Mobilität</p>	<p>Fernseh- und Leselupen, Bildschirmlesegeräte</p> <p>Internet, E-Mail, Bildtelefonie, Videotelephonie, Telefone mit Spracheingabe, Computer mit Bild- und Symbol-Kommunikation</p> <p>Hörbücher, elektronische Bücher, gedächtnistrainierende Spiele</p> <p>Gehilfen, Rollstühle, Treppenlifte, benutzergerechte Toiletten, Badewannenlift</p>

Tabelle 2.1: AAL-Anwendungsgebiete und Funktionen, Quelle: ([Driller u. a., 2009](#), Seite 34)

## 2.2.2 Living Place Hamburg

Eine andere Richtung als das in Kapitel 2.2.1 beschriebene Ambient Assisted Living schlagen Projekte ein wie das „Living Place Hamburg“. Diese verfolgen nicht den medizinischen Ansatz, sondern suchen nach Möglichkeiten Technologie zu nutzen, um gesunden Menschen einen Mehrwert zu schaffen. Damit können Smart Homes eine Bereicherung im Alltag darstellen, indem sie Menschen von Routineaufgaben befreien oder dabei helfen, das Leben generell angenehmer zu machen.

Vereinfachen, verschönern, effizienteres- oder angenehmeres Gestalten des Lebens, hier bewegen sich die Forschungen im Rahmen des „Living Place Hamburg“.

Das Living Place Hamburg ist eine Experimentalwohnung für den Bereich Smart Homes der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. Als Raum dient eine 140 Quadratmeter große Loft-Wohnung mit angrenzenden Laboren. Die Wohnung ist mit diversen Kameras und Mikrofonen ausgestattet, sodass die Akzeptanz und Bedienbarkeit von implementierten Technologien mit Versuchspersonen überprüft werden kann.

Das Hauptaugenmerk der Experimente im Living Place Hamburg liegt im Bereich der nahtlosen Interaktion zwischen den verschiedensten Technologien und dem Benutzer. Das Living Place versteht sich dabei als Labor im ständigen Wandel, in dem Studenten Technologien entwickeln und erproben können. Um diesen Zweck erfüllen zu können, werden unterschiedliche Bus-Systeme über ein Blackboard verbunden auf dem sämtliche Informationen des Hauses gesammelt und für die verschiedensten Projekte zur Verfügung gestellt werden.

Ein Ziel innerhalb des Living Place ist, dem Nutzer exakt die Informationen und Hilfsmittel zu geben, die im Moment benötigt oder verlangt werden. Die Umgebung soll zum Beispiel erkennen, ob ein Nutzer gerade arbeitet, sich entspannt oder die Liveübertragung seines Lieblingsvereins im Fernsehen sieht. Je nach Szenario verhält sich die Umgebung unterschiedlich.

So könnten im Fall des Arbeitsszenarios Nachrichten von Geschäftspartnern sofort zum Nutzer weitergeleitet werden, während Ablenkungen verhindert werden, indem das Abendprogramm der Oper zurückgehalten wird. Gleichzeitig wird im Raum ein Arbeitsklima durch angepasste Beleuchtung und Geräuschkulisse geschaffen.

Sieht der Nutzer gerade eine Liveübertragung seines Lieblingsvereins, wird die Beleuchtung der Situation angepasst. Dazu werden Mails und Telefonate bis zum Ende der Übertragung aufgeschoben und die Audioanlage auf die Position des Nutzers kalibriert, wenn dieser jubelnd aufsteht oder nervös hin- und herrutscht. Klingelt es an der Tür, wird das Bild der Türkamera automatisch als Fenster auf dem Fernseher angezeigt. Der Nutzer kann dann

entscheiden, ob der Rest der Übertragung aufgezeichnet wird und er sich dem Besuch zuwendet oder die Klingel bis zum Gehen der Person deaktiviert wird, damit der Staubsaugervertreter nicht weiter stören kann.

### 2.3 Einordnung von Smart Homes in den wissenschaftlichen Kontext

Für die Einordnung von Smart Homes in den wissenschaftlichen Kontext kann die Grafik aus Abbildung 2.1 genutzt werden. Die Grafik ist aus dem Werk „Issues and Challenges in Ubiquitous Computing“ von Kalle Kyytinen und Yoo Youngj entnommen und wurde um den Punkt Smart Homes erweitert (vgl. [Lyytinen und Yoo, 2002](#), Seite 2). Die Abbildung bietet eine anschauliche Einordnung des Pervasive Computing und Ubiquitous Computing und stellt einen Bezug dieser Paradigmen zum Traditional und Mobile Computing her. Als Kriterien sind der Grad der Einbettung von Systemen in andere technische Kontexte sowie ihre Mobilität gewählt. Im Folgenden werden diese Begriffe erläutert und die in Abbildung 2.1 zu sehende Einordnung von Smart Homes begründet.

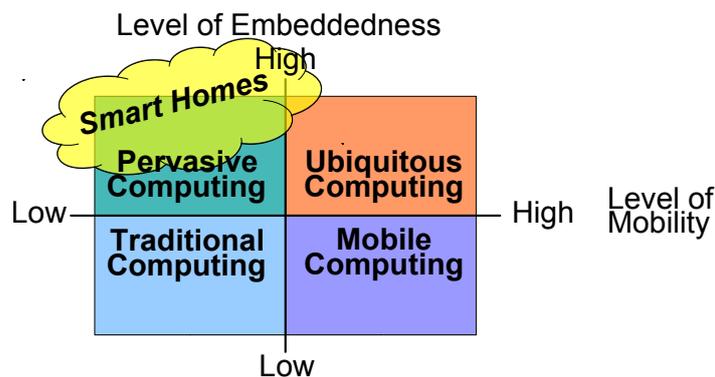


Abbildung 2.1: Einordnung Smart Homes in den Bereich des Ubiquitous Computing, Grafik erweitert von ([Lyytinen und Yoo, 2002](#), Seite 2)

Nach Kalle Kyytinen und Yoo Young fallen in die Kategorie Traditional Computing alle Arten von Rechnern, die eine geringe Mobilität haben und primär für das Ausführen gebräuchlicher Computeranwendungen gedacht sind, wie beispielsweise Workstations und Desktop-PCs.

Aus den traditionellen Computern bildet sich die Gruppe der mobilen Computer, die sich in Abbildung 2.1 unten rechts finden. Mit diesen mobilen Computern sind Notebooks, ältere PDAs und einfache Smartphones gemeint. Diese mobilen Geräte zeichnen sich durch eine hohe Mobilität aus, verändern ihr Nutzungsmodell jedoch nicht während ihrer Bewegung.

Bedienung, Informationen und Funktionen bleiben beim Mobile Computing unabhängig vom Ort gleich (vgl. [Lyytinen und Yoo, 2002](#)).

Mit dem Gleichbleiben der Funktionen bei Veränderung des Ortes fallen moderne Smartphones teilweise aus dieser Kategorie heraus. Moderne Smartphones verfügen zunehmend über Sensoren und Funktionen, die Umgebungsinformationen mit anderen Informationen verbinden und nutzen. Durch die Verfügbarkeit von Internet Flatrates werden diese Informationen zunehmend mit Diensten im Internet oder auf dem SmartPhone abgeglichen und daraus neue mehr oder weniger nützliche Dienste für den Nutzer verwirklicht. Im Gespräch sind an dieser Stelle Marketingaktionen von Geschäften, die einem SmartPhone Nutzer über Facebook Werbe- und Bonusaktionen anbieten, wenn dieser an einem Geschäft vorbei kommt.

Abbildung 2.1 zeigt im Quadranten oben rechts den Bereich des Pervasive Computing. Das Pervasive Computing kann mit der „Allgegenwärtigkeit“ von untereinander kommunizierenden „Computern“ beschrieben werden. Diese „Computer“ verfügen über Aktoren und Sensoren und sind auf irgendeine Weise miteinander vernetzt. Über dieses Netz kommunizieren die „Computer“ miteinander und können so Informationen austauschen und verarbeiten. Beim Pervasive Computing wird der Begriff des Computers sehr weit gefasst, weshalb er hier in Anführungszeichen gesetzt ist.

Als Computer ist jede Form von Rechner gemeint, der Daten verarbeiten kann. Damit kann es sich bei einem Computer um einen 4-Bit-Mikrocontroller, ein größeres embedded System oder einen Schrank mit 128-Bit-Servern handeln, wobei im Allgemeinen eher sehr kleine Computer in Form von Mikrocontrollern mit etwas zusätzlicher Hardware gemeint sind. Die Gemeinsamkeit aller als Computer bezeichneten Geräte liegt in der oben beschriebenen Verfügbarkeit von Aktoren und Sensoren über die Geräte Aktionen auslösen oder anhand von Modellen steuern können (vgl. für [Datenschutz Schleswig-Holstein und Institut für Wirtschaftsinformatik der Humboldt-Universität zu Berlin, 2006](#), Seite 11), ([Lyytinen und Yoo, 2002](#), Seite 1f).

Ein Beispiel für Computer aus dem Pervasive Computing stellen sogenannten „Motes“ dar. Dabei handelt es sich um kleine Module mit Mikrocontroller und irgendeiner Form von Funktechnologie. Einen Überblick über Motes gibt der Vortrag „The Mote Revolution: Low Power Wireless Sensor Network Devices“ einer Gruppe der Berkeley University of California auf der Hot Chips Konferenz (siehe [Polastre u. a., 2004](#)). Aus dem industriellen Umfeld finden sich einige Beispiele für Anwendungsszenarien im Bereich des Pervasive Computing bei vernetzten Sensoren, welche Vibrationen, Wasserqualität und Wasserfluss in Rohren überwachen. Ein Artikel von „Intel“ ist (vgl. [Kling, 2005](#), Seite 3), in welchem eine zu den oben genannten Sensoren entwickelte Plattform beschrieben wird.

Der Ursprung des Ubiquitous Computing wird im Aufsatz „The Computer for the 21st Century“ von Mark Weiser gesehen. In dieser Arbeit beschreibt Weiser wie „intelligente Gegen-

stände“ herkömmliche Computer ersetzen und den Menschen im Alltag unterstützen ohne direkte Aktionen und Eingaben von Benutzern zu verlangen (vgl. [für Datenschutz Schleswig-Holstein und Institut für Wirtschaftsinformatik der Humboldt-Universität zu Berlin, 2006](#), Seite 3).

Nach Kalle Kyytinen und Yoo Young ähnelt die Beziehung zwischen dem Pervase und dem Ubiquitous Computing dem Verhältnis zwischen Traditional und Mobile Computing. Demnach findet sich der Ursprung des Ubiquitous Computing im „Pervasive Computing“, welches um die dynamischen Methoden erweitert wird, die eine erhöhte Mobilität der Geräte benötigen (vgl. [Lyytinen und Yoo, 2002](#), Seite 3).

Wie beim Pervasive Computing erstellen Systeme des Ubiquitous Computing Modelle ihrer Umgebung. Der Unterschied liegt in der Art der Modelle. Während beim Pervasive Computing eher starre Modelle genutzt werden können, spielt beim Ubiquitous Computing die Flexibilität der Modelle eine entscheidende Rolle. Diese Flexibilität ermöglicht eine inkrementelle und dynamische Erweiterung der Modelle, während der Bewegung von Geräten. Diese Erweiterbarkeit der Modelle versetzt Geräte aus dem Ubiquitous Computing in die Lage dem Nutzer passende Dienste zu seiner Umgebung anzubieten. Die Möglichkeit, Nutzern ohne spezielle Eingaben Unterstützung und Dienste zu ständig verändernden Umgebungen zu bieten, machen das Ubiquitous Computing aus (vgl. [Lyytinen und Yoo, 2002](#), Seite 2).

Der für diese Arbeit interessante Bereich der Smart Homes befindet sich im oberen Bereich des oben genannten Modells. Wie in Kapitel 1 beschrieben, ist eine der grundlegenden Instrumente eines Smart Homes die Bestückung einer Wohnumgebung mit Sensoren. Diese Sensoren ermöglichen es, aus der Umgebung Informationen aufzunehmen und über Modelle Vorhersagen über die gewünschte Nutzung zu generieren oder vorprogrammierte Abläufe zu initiieren.

Wie später in Kapitel 3.2 noch eingehender beschrieben, sind diese Sensoren für den Nutzer nach Möglichkeit unsichtbar und sollten keine Anpassung des Nutzers an die Anforderungen der Sensoren erfordern.

Da Wohnumgebungen in der Regel eher statisch sind, sind sie in den Bereich des Pervasive Computing einzugliedern. Sie können die Grenzen des Ubiquitous Computing allerdings durchbrechen, da intelligente Wohnumgebungen als zentrale Anlaufstelle für Informationen aller Art dienen können.

Ein Beispiel für diese Erweiterung einer intelligenten Wohnumgebung wird in [Kamel Boulos u. a. \(2009\)](#) vorgestellt. Die Autoren beschreiben in ihrer Arbeit mit dem Schwerpunkt Vernetzung und Gesundheitsmanagement, sechs europäische Projekte. Bei den vorgestellten Projekten verfügen intelligente Wohnumgebungen aus dem Bereich des Ambient Assisted Living meist über einen Mobilen Teil, welcher Sensoren und eine Internetverbindung nutzt, um über das Wohnsystem im Notfall Hilfe schicken zu lassen. Beispielhaft zeigt Abbildung

2.2 einen möglichen Aufbau einer intelligenten Wohnumgebung als Smart Home. Auf der Abbildung sind drei Bereiche zu erkennen. Der große Bereich des „Home Monitoring System“, in Blau dargestellt, umfasst alle Komponenten innerhalb der Wohnung. Diese Komponenten sind zu großen Teilen dem Bereich des Pervasive Computing zuzuordnen. Der Bereich „Elderly Care Services“ entspricht eher dem Bereich des Traditional Computing. Hier werden feste Softwaresysteme genutzt, die von Menschen bedient werden. Das System beinhaltet allerdings auch eine mobile Schnittstelle im Bereich des „Mobile Monitoring System“. Diese Schnittstelle stellt dem als „Home Monitoring System“ dargestellten Smart Home mobile Informationen außerhalb des lokalen Kontextes zur Verfügung. Damit dringt das Smart Home in den Bereich des Ubiquitous Computing vor.

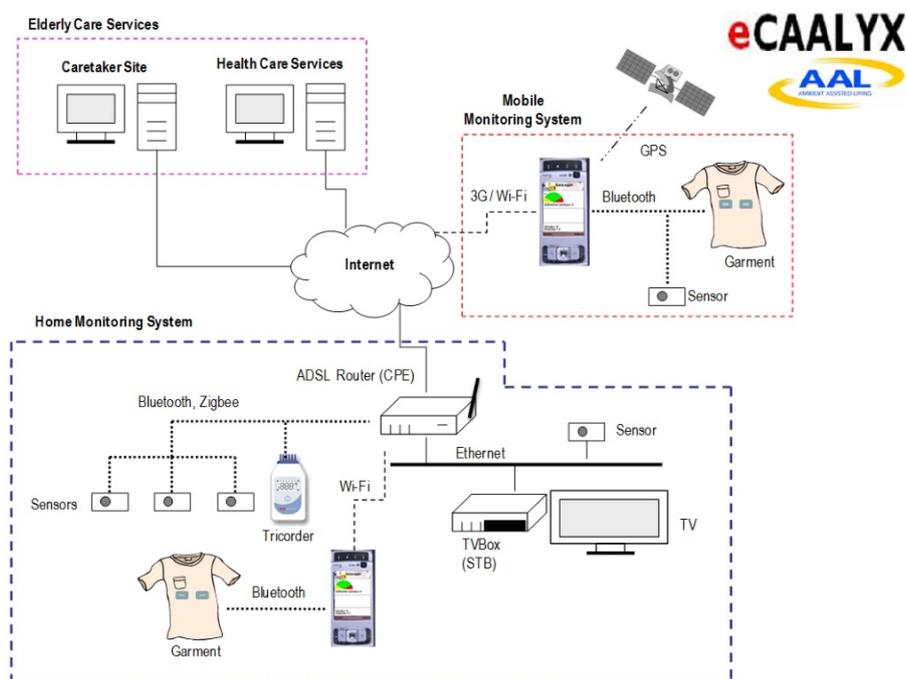


Abbildung 2.2: Systemübersicht eCAALYX, Quelle [Kamel Boulos u. a. \(2009\)](#); Komponenten aus intelligenten Wohnumgebungen begleiten zunehmend den Nutzer

Ein weiteres Beispiel ist der intelligente Wecker aus [Ellenberg \(2010\)](#) von Jens Ellenberg. Hier werden Informationen von außerhalb genutzt, um bewegliche Modelle mit Kontextinformationen zu versorgen. Mit diesen Informationen erweitern sich die Möglichkeiten des Weckers, um die Kernfunktion des Weckens intelligenter zu gestalten. Wie anfangs beschrieben, stellt diese Flexibilität innerhalb der Modelle eine der Kernfunktionen des Ubiquitous Computing dar.

Diese oben genannten Beispiele zeigen, dass Smart Homes sowohl im Bereich des Ubiquitous Computing, als auch dem Pervasive Computing gesehen werden können. Die bishe-

gen Modelle in intelligenten Wohnumgebungen sind eher einfach und statisch gehalten. Die Modelle gehen bisher in Richtung „Ist die Luft schlecht, öffne das Fenster“ oder „Befindet sich der Nutzer im Wohnzimmer und es ist 18:00 Uhr, lüfte das Schlafzimmer, führe dafür folgende Schritte aus“. Damit verwenden die bisherigen Modelle ihre Sensorinformationen eher in statischen Modellen, weshalb der Bereich des Smart Homes in Abbildung 2.1 überwiegend in den Bereich des Pervasive Computing gelegt wurde. Eine Durchbrechung der Grenze zum Ubiquitous Computing ist aber deutlich zu erkennen und wird in Zukunft eine größere Rolle spielen.

Im letzten Abschnitt wurde die Arbeit in den wissenschaftlichen Kontext eingeordnet. Im folgenden Unterkapitel wird der Begriff „Smart Sensors“ definiert. Es wird beschrieben, was unter einem Sensor verstanden wird, um darüber die Brücke zu den sogenannten „Smart Sensors“ zu zeichnen.

## 2.4 Smart Sensors

Um den Begriff „Smart Sensors“ zu beschreiben, muss zunächst definiert werden, worum es sich bei einem „normalen“ Sensor handelt. Bei dieser Definition hilft das „Handbook of Modern Sensors“ [Fraden \(2003\)](#). Es beschreibt einen Sensor als Gerät, „welches einen Stimulus empfängt und auf diesen mit einem elektrischen Signal antwortet“. Ein Sensor ist also etwas Anfassbares, welches in der Lage ist auf einen Einfluss von außen mit einem definierten elektrischen Signal zu reagieren. Dieses Signal kann anschließend mit Hilfe von elektrischen Geräten verarbeitet werden (vgl. [Fraden, 2003](#), Seite 3).

Weiter unterscheidet das Handbook of Modern Sensors zwischen Direkten- und Komplexen Sensoren. Direkte Sensoren sind Sensoren, die der oben genannten Definition folgen und einen Stimulus ohne Umwege in ein elektrisches Signal umwandeln. Den direkten Sensoren gegenüber stehen komplexe Sensoren.

Komplexe Sensoren bestehen aus einem direkten Sensor und einer oder mehreren Vorstufen. Diese Vorstufen wandeln eingehende Stimuli so lange um, bis etwas entsteht, was mit einem direkten Sensor gemessen werden kann.

Um beispielsweise die Balance einer Fläche zu ermitteln, wird zunächst ein Umwandler benötigt, welcher die Balance in etwas Messbares umwandelt. Für diese Umwandlung könnten Kraftsensoren eingesetzt werden. Eine anliegende Kraft kann entweder mit Hilfe von piezoelektrischen Sensoren<sup>1</sup> gemessen werden, dieses hätte jedoch den Nachteil, dass nur Änderungen der einwirkenden Kraft gemessen werden können. Um die anliegende Kraft zu

---

<sup>1</sup>Näheres zur Funktionsweise kann unter [Fraden \(2003\)](#) in Kapitel 3.6 nachgelesen werden

messen, wird ein weiterer Zwischenschritt benötigt. Dieser Zwischenschritt kann zum Beispiel aus dem gemessenen zurückgelegten Federweg einer Torsionsfeder bestehen. Die Messung dieses Federweges könnte über ein Potentiometer oder Odometrie erfolgen. Erst nach dieser Stufe entsteht ein elektrisches Signal, welches verarbeitet werden kann. Ein Beispiel einer solchen Torsionsfeder, die ein Potentiometer bewegt, zeigt Abbildung 2.3 auf der folgenden Seite.

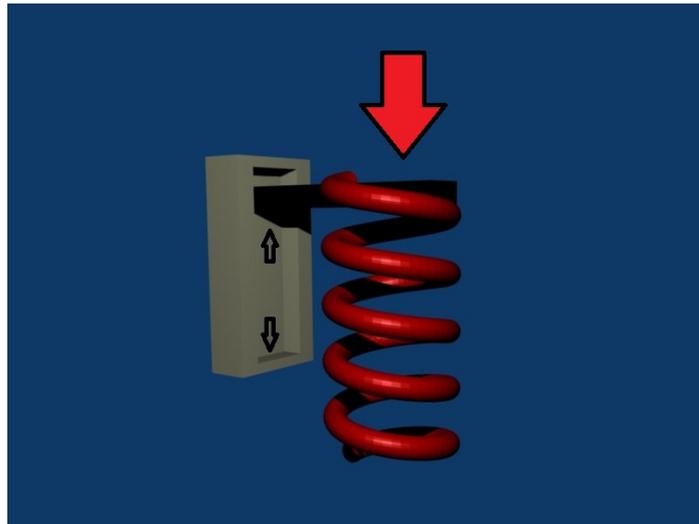


Abbildung 2.3: Indirekte Messung der Stauchung einer Torsionsfeder mit Hilfe eines Potentiometers

Weitere Beispiele für komplexe Sensoren stellen die in Kapitel 3.3 vorgestellten Sensoren dar.

Smart Sensors gehen über die Umwandlung von Stimuli zu einem messbaren elektrischen Signal hinaus. Smart Sensors ergänzen komplexe Sensoren um eine Komponente zur Signal Aufbereitung, Interpretation und Weiterverarbeitung gemessener Signale. Zusätzlich verfügen Smart Sensors über Kommunikationsschnittstellen, welche Messwerte als Datenpakete zur Verfügung stellen.

## 3 Vorarbeiten

Nachdem in Kapitel 2 das grundlegende Gebiet dieser Arbeit festgelegt wurde, folgt in den nächsten Kapiteln 3.1 und 3.2 eine Betrachtung der angestrebten Ziele und deren Vereinbarkeit mit den Eigenschaften „konventioneller“ Möbel.

Nach den Zielen werden in Kapitel 3.3 eine Reihe verschiedener Sensortechnologien vorgestellt. Dabei werden die Einsatzmöglichkeiten der Sensortechnologien kurz bewertet.

Schließlich folgt in Kapitel 3.4 eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels.

### 3.1 Grundlegende Eigenschaften und Anforderungen kontextsensitiver Möbel

Böden, Tische, Stühle Sofas und Betten sind grundlegend unterschiedliche Einrichtungsgegenstände und können aufgrund ihrer Beschaffenheit und ihrer gewöhnlichen Benutzung unterschiedliche Informationen zur Kontextgenerierung liefern.

Der Kontext von Handlungen in intelligenten Wohnumgebungen kann über unterschiedliche Wege erfasst werden. Um Kontext erfassen zu können, benötigt eine intelligente Umgebung „Sinnesorgane“, die der Umgebung ermöglichen Aktionen an unterschiedlichen Orten wahrzunehmen. Ein Ansatz für geeignete Sensoren zum Aufspüren von Kontext im Zusammenhang mit intelligenten Wohnumgebungen ist die Nutzung kontextsensitiver Möbel.

Kontextsensitive Möbel sind zunächst Möbel, die auf intelligente Weise mit Sensoren ausgestattet wurden. Im Gegensatz zu anderen Möglichkeiten zur Wahrnehmung der Geschehnisse in intelligenten Wohnumgebungen, bergen kontextsensitive Möbel mehrere große Vorteile. Möbel befinden sich in jedem Haus, sind akzeptiert und werden benötigt. Zusätzlich handelt es sich bei Möbeln um Gegenstände mit bekannter Funktion, die vom Bewohner oft bis sehr oft verwendet werden.

Die häufige Verwendung, zusammen mit der Verteilung und Größe von Möbeln, ermöglicht es, neue Sensoren in eine Wohnumgebung zu integrieren, ohne unbekannte Geräte montieren zu müssen. Das erhöht die Akzeptanz und beugt beispielsweise im Bereich des in

Kapitel 2.2.1 beschriebenen Ambient Assisted Living dem Gefühl einer Stigmatisierung von Bewohnern vor.

Mit der oben beschriebenen häufigen Verwendung von Möbelstücken beginnen die Gemeinsamkeiten verschiedener Arten intelligenter Möbel, die trotz der Unterschiede in Nutzung und Größe bestehen. Nach der häufigen Verwendung oder Frequentierung besteht eine wichtige Gemeinsamkeit in der Darstellung des individuellen Geschmacks. Dieser individuelle Geschmack eines Nutzers bestimmt sowohl die Optik als auch die Materialien, aus denen Möbelstücke gefertigt sind.

Da Möbel sehr individuelle Gegenstände sind, welche den individuellen Nutzergeschmack repräsentieren und darstellen, ist es für die Akzeptanz intelligenter Möbel wichtig, ihren Charakter zu erhalten. Das macht ein starkes Besinnen auf das in Kapitel 2.3 beschriebene Ubiquitous Computing und das damit verbundene „verschwinden“ von Computern notwendig. Intelligente Möbel dürfen nicht sichtbar von blinkenden LEDs oder Metallfäden durchzogen sein. Die Sensoren müssen so gemacht sein, dass ein Durchziehen der Oberfläche mit (sichtbaren) Sensorflächen nicht notwendig ist.

Um einem Käufer die größtmögliche Flexibilität bei der Wahl seiner Möbel zu ermöglichen, ist es hilfreich, wenn Systeme nachrüstbar sind. Dabei muss wie in den oben beschriebenen fertigen Lösungen die Sensorik komplett unsichtbar sein und darf weder die ursprüngliche Optik, Haptik noch Materialwahl verändern.

Trotz des täglichen Umgangs mit Möbeln, handelt es sich bei Möbeln um Gegenstände mit sehr langer Haltbarkeit, die Jahrzehnte überdauern können. Die verwendete Technologie muss daher so robust ausgelegt sein, dass auch nach dieser Zeit ein Funktionieren gewährleistet bleibt. Alternativ muss es möglich sein die entscheidenden Teile kostengünstig und einfach vor Ort zu wechseln.

Der Preisaspekt wird zunächst ausgeklammert. Zwar spielt auch der Preis bei größeren Anschaffungen wie Einrichtungsgegenständen eine gewichtige Rolle, die Kosten für zusätzliche Sensorik sind davon jedoch getrennt zu betrachten, da sie nicht zwangsweise vom Material oder der Form des Möbelstückes abhängen sollten.

An grundlegenden Eigenschaften für kontextsensitive Möbel bleibt festzuhalten, das bei der Fertigung darauf zu achten ist, dass die Sensoren den ursprünglichen Gedanken bei Möbeln unterzuordnen sind (Function follows Form). Sensoren müssen komplett unsichtbar sein und nach Möglichkeit nachgerüstet werden können. Dennoch muss die Technologie der Sensoren so gewählt werden, dass eine sehr lange Haltbarkeit gewährleistet ist, die nach Möglichkeit der Haltbarkeit der Möbel entspricht oder diese überdauert.

## 3.2 Funktionale Eigenschaften und Anforderungen für kontextsensitive Möbel

Der Begriff der Möbel wird in dieser Arbeit speziell auf Wohnzimmermöbel reduziert, zusätzlich sollen bewusst Schränke und Truhen außen vorgehalten werden. Dennoch sind die hier entwickelten Technologien auch auf andere Bereiche, wie beispielsweise Schränke oder Küchenmöbel anwendbar. In der Küche wären allerdings andere Sensoren, wie die Erkennung ob und was gekocht wird interessanter.

Der erste Schritt bei der Auswahl von Sensortechnologien ist die Festlegung der Anforderungen. Diese Anforderungen ergeben sich aus den Einsatzgebieten intelligenter Möbel und den Rahmenbedingungen des Projektes. Obwohl in Kapitel 3.1 geschrieben wurde, dass die Frage der Kosten zunächst zurückgestellt werden kann, spielen die Kosten im Rahmen dieser Arbeit eine Rolle. Ohne den Blick auf die Kosten könnten die ab Kapitel 4.1 vorgestellten intelligenten Möbel im Rahmen dieser Masterarbeit nicht gefertigt werden. Zusätzlich zu den Kosten spielen die Größen Verfügbarkeit und Komplexität der einzelnen Sensoren eine bedeutende Rolle. Nur bei überschaubarer Komplexität und guter Verfügbarkeit ist es möglich, in der Kürze der Zeit funktionierende Prototypen zu bauen. Dabei müssen die Anforderungen der Unsichtbarkeit und Haltbarkeit aus dem vorherigen Abschnitt eingehalten werden.

In dieser Arbeit soll eine neue Art von Sensoren kontextsensitive Möbel ermöglichen. Wie bereits in Kapitel 1 beschrieben, stellt die Positionsinformation einen besonderen Wert in intelligenten Wohnumgebungen dar, weshalb der Fokus dieser Arbeit auf der Gewinnung dieser Informationen liegt. Zusätzliche Einsatzfelder stellen das Messen der Körpertemperatur, des Herzschlages oder anderer Körperfunktionen dar. Mit diesen Einsatzfeldern rücken Möbel stärker in den Bereich des nicht invasiven Bodymonitoring vor, was eine weitere starke Bereicherung der Informationsmenge für Kontexterfassung bedeutet.

Ein weiterer wichtiger Grund konventionelle Möbel zunächst mit Sensoren zur Gewinnung von Positionsinformationen zu ergänzen, ist der Mehrwert für spätere Arbeiten. Einige Sensorenarten sind auf das Wissen über die genaue Position eines Menschen angewiesen. Es besteht die Möglichkeit, dass ein Sensor zum Erfassen der Körperfunktion nur dann funktioniert, wenn der Nutzer ruhig an einer bestimmten Stelle verharrt. In diesem Fall sind zwei zusätzliche Informationen von Bedeutung. Es muss geklärt werden, ob die Person an der vorgesehenen Position ist und zweitens, wie sich die Person bewegt. Ohne diese Informationen besteht die Möglichkeit, dass der Sensor zwar Daten erhält, diese aber aus einer leicht falschen Position unter Bewegung ermittelt wurden und damit viel von ihrer Aussagefähigkeit verlieren. Ein Möbelstück, das Positionsinformationen liefern kann, ist in der Lage dem System mitzuteilen, ob der Nutzer sich bewegt hat und wie genau er sich zum Zeitpunkt der Messung in einem bestimmten Bereich befand.

Damit stellt die Gewinnung der Ortsinformation einen wichtigen Anfang für die Erweiterung anderer Sensordaten und Kontextinformationen dar und soll Ziel dieser Arbeit sein. Zusätzliche Szenarien für die Nutzung von Positionsinformationen und die dafür benötigten Sensoren werden in den folgenden Kapiteln 4.1 bis 4.4 besprochen. Darin werden gezielt Szenarien für spezielle Möbelstücke gezeigt.

Für die Generierung einer Kontextinformation können folgende zwei Arten von Positionsinformationen wichtig sein: die absolute und die relative Position auf einem Objekt. Die absolute Position beschreibt, wo genau sich die Person innerhalb einer Wohnumgebung befindet. Damit liefert die absolute Position die Information, die für das Szenario aus Kapitel 1 benötigt wurde. Eine Information zur genauen Position könnte die Form „Bewohner sitzt auf dem Sofa“ oder „Bewohner befindet sich auf Koordinate (x,y,z)“ haben.

Die relative Position beschreibt den Ort zu einem Bezugspunkt auf dem Möbelstück selber. Ein Beispiel für die relative Position auf einem Sofa ist „der Benutzer sitzt auf der linken Seite und ist an die Lehne gelehnt“. Diese Information ist besonders als Ergänzung für die lokale Kontextgenerierung interessant, bei der Rückschlüsse auf die Art der Benutzung gezogen werden sollen. Ein Ergebnis könnte sein, dass ein kontextsensitives Sofa erkennt, wann ein Nutzer auf dem Sofa eingeschlafen ist.

Um die Entwicklungszeit zu verkürzen, wurden Sensoren gesucht, die für mehrere Möbel gleichzeitig verwendet werden können. Die Wiederverwendung von Technologien erleichtert den Einkauf, die Fertigung und die Entwicklung. Besonders die Entwicklung profitiert von der Wiederverwendbarkeit der Sensoren, da dadurch weniger Zeit durch das Warten auf Evaluierungshardware, sowie für das Verstehen und Testen der Sensoren verloren geht.

Einen Überblick über Sensortechnologien bringt das Studieren diverser Datenblätter verschiedener Elektronikproduzenten und Distributoren, sowie das Lesen einschlägiger Literatur und Foren zum Thema Robotik. Einen kurzen Überblick über die Funktionsweise vieler Sensortypen bietet beispielsweise das Werk „Handbook of modern sensors, Physics, Designs, and Applications“ [Fraden \(2003\)](#).

### 3.3 Überblick Sensortechnologien

Nachdem die vorherigen Kapitel 3.1 und 3.2 die Eigenschaften und Anforderungen für die Schaffung intelligenter und kontextsensitiver Möbel gezeigt haben, werden in den folgenden Kapiteln unterschiedliche Sensortechnologien beschrieben. Dabei werden Schwierigkeiten und Vorteile der Technologien aufgezeigt und Gründe für deren Verwendung beschrieben.

Der zunächst vorgestellte Sensor ist eine professionelle Lösung für Sitze, welche als Referenzimplementierung herangezogen wird. Die darauf folgenden vorgestellten Sensoren sollen eine Approximation an die Möglichkeiten dieses komplexen Sensors bei erheblich verringertem Aufwand beschreiben.

### 3.3.1 Matrizen aus Kraftsensoren

Der erste Sensor, der hier vorgestellt wird, ist ein Beispiel für einen sehr komplexen Sensor zur Erkennung von Sitzpositionen. Er besteht aus einer sehr großen Zahl an Kraftsensoren. Diese als Matrix angeordneten Kraftsensoren ermöglichen die Visualisierung der genauen Gewichtsverteilung von Menschen, Tieren oder Objekten auf einem Sitz. Damit stellt dieser Sensor eine sehr gute Basis für die Positionserkennung auf Möbeln dar.

Kapitel 3 in der Ausarbeitung zu AW1 (Dreschke (2008)) stellt die Arbeit „A sensing Chair Using Pressure Distribution Sensors“ (Tan u. a. (2001)) und Template-based Recognition of Static Sitting Postures (Zhu u. a. (2003)) vor. Diese Forschergruppen beschäftigten sich mit Gestenerkennung des Sitzens, welche Rückschlüsse auf die Haltung zulassen. Diese Forschungen zeigen sehr deutlich das Potential eines solchen Sensors für kontextsensitive Möbel. Wenn mithilfe einer solchen Sensormatrix Sitzgesten und Arten erkannt werden können, können diese Informationen zur Generierung von Kontext über den Nutzer weiter verarbeitet werden.

Abbildung 3.1 zeigt den von Tan et. al. verwendeten Sensor mit einer grafischen Darstellung einer Messung.

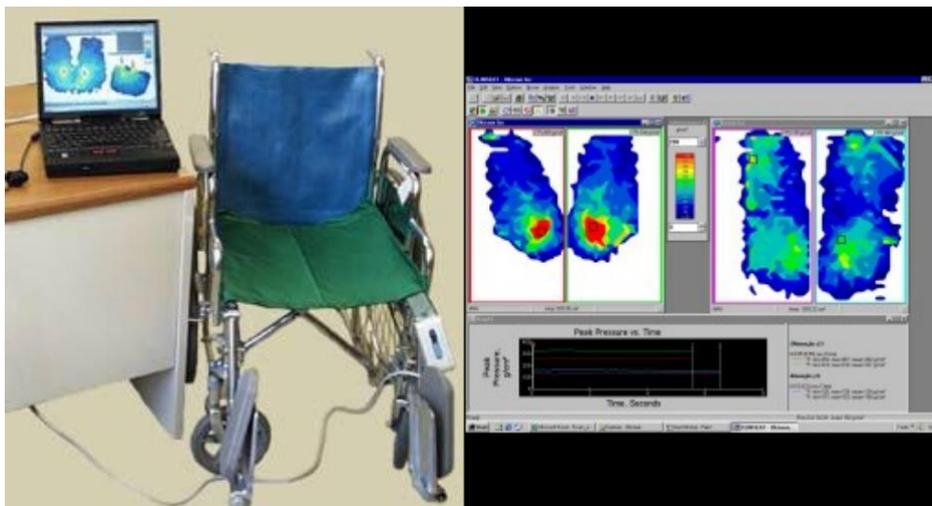


Abbildung 3.1: Links: SeatScan auf Rollstuhl, Rechts: Ausgabe der Sensormatrix als Bild

In Bezug auf die Technik der Sensormatten wird auf die Dissertation von Satu Kärki verwiesen, in der ein Ausblick auf zukünftige Methoden gewährt wird (Kärki, 2009, Seite 29-31)

Einen weiteren Ansatz zur Erstellung einer Matrix auf Kraftsensoren beschreibt T.V. Papakostas in seiner Arbeit Tactile Sensor: stretching the limits aus 2007. Papakostas beschreibt hier eine neue Art von Kraftsensormatrix, welche sich an Formen anpassen kann. Möglich wird diese Anpassbarkeit durch die besondere, Spiralforn der einzelnen Sensorelemente. Damit wird eine Einschränkung der oben beschriebenen Kraftsensormatrizen aufgehoben, die eine relativ flache Oberfläche benötigen. Eine weitere Besonderheit des von Papakostas entwickelten Sensors ist die relativ einfache, industrielle Fertigung über ein Druckverfahren (vgl. Papakostas, 2007, S. 472-474).

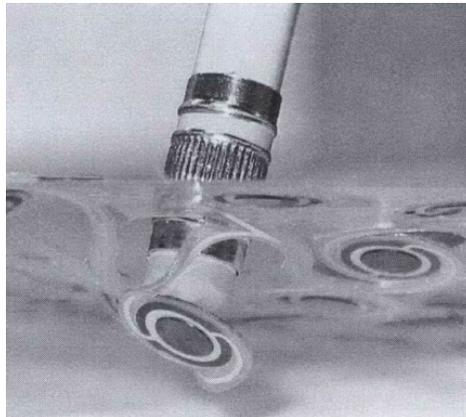


Abbildung 3.2: Aufbau Sensor aus Arbeit von Papakostas, Quelle [Papakostas \(2007\)](#)

Als Anwendungsgebiet beschreibt Papakostas neben intelligenten Sofas auch intelligente Betten, wobei die Sensoren direkt in Kissen oder Matratzen eingebaut werden können. Ergebnisse seiner Arbeit zeigt [Abbildung 3.3](#).

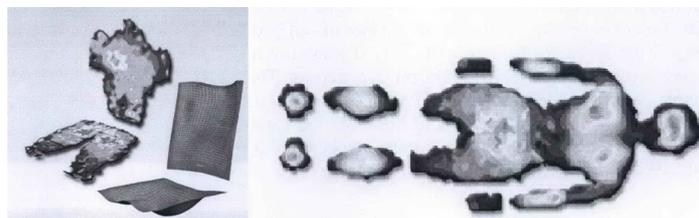


Abbildung 3.3: Ergebnis Papakostas flexible Sensormatrix, Quelle: [Papakostas \(2007\)](#)

Die gesamten vorgestellten Systeme stellen einen sehr guten Sensor für intelligente Möbel dar. Bei Tischen können sie die Position und Größe von Gegenständen erfassen, auf Sitz-

möbeln die genaue Position und das Verhalten von Menschen beobachten. Dabei kann auf Kameras verzichtet werden.

Leider sind alle diese Sensoren gleichzeitig sehr teuer und schwer zu beschaffen, weshalb sie für diese Arbeit nicht zum Einsatz gekommen sind. Die folgenden Unterkapitel beschäftigen sich daher mit Sensoren, die eine spezialisierte Alternative bieten können.

### 3.3.2 Balancesensor

Bei einem Balancesensor handelt es sich um einen Sensor zur Detektion von Schwerpunkten über einer Fläche. In den Massenmarkt kamen Balancesensoren mit dem „Wii-Balance Board“<sup>1</sup>.

Mit Hilfe von vier Kraftsensoren in den Füßen wird ein Schwerpunkt ermittelt, womit die Balance des Menschen oder Gegenstandes auf dem Sensor errechnet werden kann. Möglich ist auch die herkömmliche Ermittlung des Gewichtes. Der Aufbau ist relativ einfach und kann aus einer gewöhnlichen Haushaltswaage und etwas Elektronik in Form einer Wheatstoneschen Messbrücke und einem Instrumentenverstärker nach gebaut werden.

Der einfache Aufbau kann mit Kosten von ca. 15 Euro gefertigt werden. Dabei wird als Waage eine einfache elektronische Waage aus einem beliebigen Supermarktangebot für 10 Euro umgebaut. Der damit verbundene stabile Aufbau stellt eine gute Experimentierplattform dar. Die einzelnen Sensoren können anschließend aus der Originalwaage ausgebaut und direkt in Möbel integriert werden.

Ein erster Prototyp entstand im Jahr 2009 im Rahmen des Masterprojektes 2 an der HAW Hamburg. Dieser kam in einem Sensor für einen intelligenten Stuhl zum Einsatz (siehe [Dreschke, 2009b](#)). Die Elektronik ist seitdem verfeinert worden und kommt im Rahmen dieser Arbeit in Form eines neuen Prototypen zum Einsatz. Ein Bild des Elektronikprototypen zeigt Abbildung 3.4

Durch den relativ einfachen Aufbau mit der Wheatstoneschen Messbrücke und einem Instrumentenverstärker, sowie dem sehr niedrigen Preis von circa 10 Euro für eine elektronische Waage, stellt dieser Sensor eine einfache und gute Plattform für Sensoren in Möbeln dar.

Weitere Einsatzmöglichkeiten für diesen Sensortyp, sowie Erweiterungen des Konzeptes zeigen die beschriebenen intelligenten Möbel in Kapitel 4.

---

<sup>1</sup>Eingabegerät der Firma Nintendo, das mit dem Spiel „Wii-Fit“ ausgeliefert wird und einen Begleiter fürs persönliche Fitnessstraining darstellen soll, nähere Informationen unter: <http://ms2.nintendo-europe.com/wiifit/deDE/>

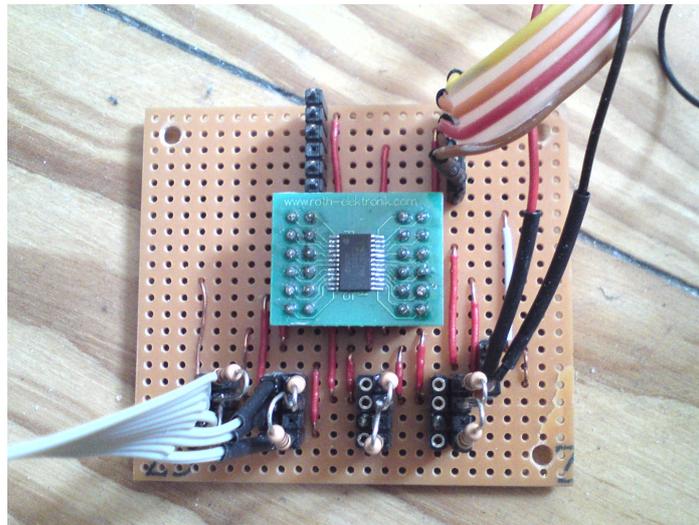


Abbildung 3.4: Prototyp der neuen Hardware für die Nutzung von Dehnungsmessstreifen

### 3.3.3 Kapazitive Sensoren

In diesem Kapitel sollen kurz die kapazitiven Sensoren vorgestellt werden, die im Rahmen dieser Arbeit besorgt und getestet werden konnten. Diese Sensoren bilden die Basis für die Überlegungen zur Qualität der Messdaten und der daraus abgeleiteten Einsetzbarkeit dieser Technologie. In Zusammenarbeit mit Frank Hardenack entstanden verschiedene Versuchsaufbauten, die eine Idee von den Einsatzmöglichkeiten kapazitiver Sensoren brachten. Die wichtigsten Ergebnisse können im Projektbericht von Frank Hardenack nachgelesen werden ([Hardenack \(2010a\)](#)).

Kapazitive Sensoren können sehr flexibel eingesetzt werden. Sie erkennen Annäherungen und die Größe von Objekten. Gleichzeitig können kapazitive Sensoren theoretisch Unterschiede zwischen Personen und Tieren oder Gegenständen erkennbar machen.

Einer der größten Vorteile besteht darin, dass kapazitive Sensoren praktisch jede beliebige Form annehmen können und eine sichere Detektierung durch feste, nicht leitende Oberflächen hindurch funktioniert. Als Sensor kann jede beliebige elektrisch leitende Fläche eingesetzt werden. Zu beachten ist, dass jede elektrisch leitende Fläche in Reichweite des elektrischen Feldes den Sensor erweitern kann und beispielsweise auf Annäherungen reagiert. Diese Eigenschaft kann störend wirken und durch den Einsatz eines „Guards“, „Driven Shield“ oder geschickte Platzierung oder Form der Elektroden vermieden werden. Nähere Informationen zu kapazitiven Sensoren, Guards und Driven Shields gibt es beispielsweise ab Seite 258 in, [Fraden \(2003\)](#).

Trotz der möglichen Schwierigkeiten stellen kapazitive Sensoren eine gute Basis für „unsicht-

bare Sensoren“ dar, wie sie auf Seite 25 gefordert sind. Im praktischen Umgang mit diesen Sensoren stellte sich heraus, dass einfache Annäherungen und Berührungen sehr leicht und zuverlässig detektiert werden konnten. Auch die Veränderung des Abstands zwischen zwei Flächen, stellte sich als sehr gut detektierbar heraus.

Im Folgenden wird auf die Funktionsweise kapazitiver Sensoren eingegangen werden. Anschließend werden die verwendeten Sensoren vorgestellt.

### **Funktionsweise**

Prinzipiell handelt es sich bei kapazitiven Sensoren um einen Aufbau, der ein elektrisches Feld über einer Elektrode erzeugt. Dringt ein elektrisch leitender Körper in dieses Feld ein, verändert sich das Feld. Diese Veränderung kann gemessen werden und gibt eine Idee von der Größe oder dem Abstand des Objektes vor der Elektrode. Da kapazitive Sensoren sehr sensibel auf Veränderungen leitender Dinge reagieren, werden kapazitive Sensoren auch zur Ermittlung von Wasserständen oder der Flussgeschwindigkeit von Flüssigkeiten in Rohren eingesetzt (vgl. [imf electronic gmbh, 2011](#), S. 4-23).

Für die Erzeugung und Messung des elektrischen Feldes existieren zwei Ansätze. Ein einfacher Ansatz für Bastellösungen beschreibt beispielsweise [Badger \(2008\)](#). Dieser Aufbau misst die Zeit, in der ein Kondensator aufgeladen wird. Der Bastelansatz ist vergleichsweise langsam und anfällig für Störungen. Ein besserer Ansatz besteht aus einem Schwingkreis-erzeuger, der ein elektrisches Wechselfeld über einer Elektrode aufbaut. Der Schwingkreis wird mit Hilfe eines ICs (beispielsweise dem NE555) oder einer einfachen Schaltung bestehend aus einem Kondensator und einer Spule erzeugt. Dieser Ansatz ist sehr robust und schnell.

Zu dem einfachen Aufbau eines kapazitiven Sensors mit Schwingkreis kann beliebiger Aufwand getrieben werden, um die messbare Kapazität zu erhöhen, die Störanfälligkeit zu verringern oder die Empfindlichkeit zu erhöhen.

Eine Gemeinsamkeit aller kapazitiven Sensoren ist das logarithmische Verhalten beim Eindringen in oder dem Verändern des elektrischen Feldes.

### **Verwendete Sensoren**

Ein einfacher, sehr kostengünstiger Eigenbau mit Schwingkreis konnte mit Hilfe von Herrn Dipl.-Ing. Helmut Otte aus dem Department Informations- und Elektrotechnik als schneller Prototyp gebaut werden und brachte erstaunlich gute Ergebnisse. Der Ansatz wurde jedoch aus Zeitgründen verworfen, da mit dem CapSense Board rechtzeitig ein ausreichend guter fertiger Sensor gefunden wurde.

Das CapToolKit oder CapSense<sup>2</sup> ist eines von drei kapazitiven Sensoren, die für diese Arbeit evaluiert werden konnten. Es handelt sich um ein Open Source Modul, welches von Raphael Wimmer et. al. and der Universität München (LMU) entwickelt wurde.

Das CapSense bietet den Vorteil, dass gleichzeitig acht Elektroden überwacht werden können. Die Informationen werden über eine serielle Verbindung an einen PC oder Mikrocontroller weiter geleitet. Dabei wird ein umfangreiches und sehr flexibles Protokoll verwendet. Die Sensordaten kommen in einer Einstellbaren update rate von 15 bis 40 Millisekunden.

Das System ist für kleine Projekte sehr gut geeignet. Das CapSense besteht aus zwei Teilen. Der Hauptplatine, an welche die bis zu acht Sensoren angeschlossen werden können, und kleinere Module, die eine Fläche für einen Guard und eine Fläche für eine Elektrode bereithalten. Die einzelnen Sensoren sind so gefertigt, dass sie über handelsübliche USB-Verlängerungskabel mit der Hauptplatine verbunden werden können.

Die Hauptplatine mit acht Sensoren konnte aus einem Webshop für ca.200 Euro erworben werden. Leider vertreibt dieser Webshop die Sensoren heute nicht mehr. An einer Alternative arbeitet derzeit Philipp Teske im Rahmen seiner Masterarbeit. Das System von Philipp Teske arbeitet ohne separate Hauptplatine und vernetzt die einzelnen Sensoren über einen Kommunikationskanal miteinander. Dieser Ansatz verspricht weniger stör anfällig als das CapToolKit zu sein. Beim CapToolKit sind bei Versuchen Schwierigkeiten mit den Leitungen zwischen Hauptplatine und Sensoren aufgetreten.

Mit den oben beschriebenen Leitungsstörungen beginnen die Nachteile des CapSense. In der gekauften Version gab es verschiedene kleinere Probleme. Das größte Problem stellten die oben genannten Störungen auf den Leitungen dar, die eine Annäherung an die Leitung detektierten und somit die Messergebnisse beeinflussten. Daneben gab es Probleme mit der Kommunikation zwischen der Hauptplatine und dem PC, an dem sie angeschlossen war. Im Betrieb mit acht Sensoren werden gelegentlich Pakete nicht gesendet, was leider nicht dokumentiert ist. Störend wirkte sich die Bauform der Sensoren aus. Die Sensoren sind auf der vorderen Seite abgerundet. Auf der oberen Seite befindet sich halbkreisförmig die Elektrode. Auf der Unterseite befindet sich in gleicher Form der Guard. Das macht die mechanische Befestigung einer leitenden Fläche sehr schwierig und führt zu unsicheren Verbindungen. Wünschenswert wäre eine Möglichkeit Sensorelektroden über Klemmen zu befestigen.

Beim folgenden System handelt es sich um kapazitive Sensoren, wie sie in der Sicherheitstechnik verwendet werden. In Museen werden beispielsweise Bilder über in der Wand installierte kapazitive Sensoren gesichert, die einen Alarm auslösen, wenn ein Mindestabstand unterschritten wird.

---

<sup>2</sup>Mehr Informationen unter [www.capsense.org](http://www.capsense.org)

Zum Einsatz kamen Systeme der Firma RodeMelder und der Firma RSI. Wie zu erwarten zeichneten sich diese Systeme durch eine sehr hohe Zuverlässigkeit und Empfindlichkeit aus. Zudem bieten beide Lösungen die Möglichkeit, Objekte mit sehr hoher Kapazität zu überwachen. Die Überwachung einer sehr hohen Kapazität spielt beispielsweise eine Rolle, wenn sehr große leitende Objekte angeschlossen werden sollen. Auch bei Konstruktionen bei denen Schirmung und Elektrode sehr dicht beieinanderstehen entsteht eine sehr hohe Kapazität. Diese Kapazität kann ein Problem darstellen, wenn Sensoren mit Schirmung gebaut werden, wie sie beispielsweise im „intelligenten Bett“ von Frank Hardenack zum Einsatz kommen (vgl. [Hardenack, 2010b](#), Seite 4f).

Im Unterschied zum weiter oben vorgestellten CapSense Sensor, benötigt weder das System von RodeMelder noch von RSI zusätzliche Hardware an der Elektrode. Angeschlossen werden kann eine beinahe beliebig große leitende Form, die über ein geschirmtes Koaxialkabel mit dem Hauptmodul verbunden ist.

Die Nachteile dieser Lösungen liegen im Preis, der bedeutend höher liegt als der des CapSense und der Beschränkung auf lediglich eine Elektrode pro Modul. Die Beschränkung auf eine Elektrode pro Modul ließe sich auch mit den Lösungen von RodeMelder und RSI durch Multiplexer aufheben, welche beide Firmen anbieten. Allerdings bedeutet das höhere Kosten, was in Anbetracht des hohen Preises der vorliegenden Versionen für diese Arbeit nicht sinnvoll erscheint.

### 3.3.4 Eigenbau SensorMatrix

Hannah Perner-Wilson beschäftigte sich mit textilen Sensoren. Diese Sensoren hat sie mit Bauplänen unter dem Pseudonym Plusea im Internet vorgestellt. Ein für diese Arbeit besonders interessanter Sensor ist ein von Hannah Perner Wilson entwickelter, sehr einfacher Kraftsensor. Im Original besteht der Kraftsensor aus Neopren, leitendem Garn und einer besonderen, schlecht leitenden Folie (vgl. [Perner-Wilson, 2011](#), Seite 12ff).

In Zusammenarbeit mit Ann-Kathrin Weiss von der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg aus dem Department Design konnte dieser Sensor nachgebaut und für den Einsatz in Möbeln verfeinert werden. Angenehm an diesem Sensor ist die sehr einfache Gewinnung der Messergebnisse. Für jeden Sensor in der Matrix wird ein Analog-Digital-Konverter (ADC) benötigt. Diese findet man als einfache Eingänge an Mikrocontrollern. Damit können kleine Matrizen mit sehr geringem Hardwareaufwand auf der Elektronikseite gefertigt werden. Für den gefertigten Prototypen wurde ein verfügbarer Arduino Mega<sup>3</sup> verwendet, der über 16 analoge Eingänge verfügt. Diese 16 analogen Eingänge legten die Größe

---

<sup>3</sup>Für weitere Informationen siehe: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

des gefertigten Arrays fest. Näheres zum entstandenen Sensor findet sich in der Bachelorarbeit von Ann-Kathrin Weiss ab Seite 65 (Weiss (2011)).

Der im Rahmen der Bachelorarbeit von Frau Weiss entstandene Sensor überraschte mit einem guten Ergebnis. Verschiedene Messreihen bescheinigten dem Sensor reproduzierbare Werte für die Messung einwirkender Kräfte. Dennoch reicht die Qualität der Messungen nicht, um wirkliche Gewichte zu ermitteln.

Dieser Eigenbau ist bedeutend günstiger als die in Kapitel 3.3.1 vorgestellten Modelle. Die Empfindlichkeit lässt sich beim Bau des Sensors variieren. Im Beispiel des gefertigten Sensors wurde von einer großen Belastung von mehr als 40kg als Basis ausgegangen und der Aufbau entsprechend ausgelegt. Durch Veränderungen des Aufbaus können auch erheblich geringere Belastungen zuverlässig kategorisiert werden.

Neben der geringeren Auflösung bei den einwirkenden Kräften bietet dieser Eigenbau deutlich weniger Sensoren, als die in 3.3.1 vorgestellten Lösungen. Zwar wurde die Anzahl der Sensoren, wie oben beschrieben, künstlich auf 16 begrenzt, dennoch steigt der Aufwand bei der Fertigung mit zusätzlichen Sensoren enorm.

Der Vorteil liegt in dem niedrigen Preis und der Möglichkeit, sehr flache, voneinander unabhängige Sensoren in einer dem Projekt angepassten Form zu fertigen.

Da bei diesem Modell wie beim Original von Frau Perner-Wilson Folie verarbeitet wird, ist nicht klar, wie die Haltbarkeit des Sensors beschaffen ist. Wirkt eine größere mechanische Belastung seitwärts auf den Sensor, ist ein Verschleiß der Folie möglich. Ein Austauschen der Folie ist aufwändig. Es bleibt abzuwarten, wie lange der Sensor im Probebetrieb funktionieren wird. Gut fixiert sollte dieser Sensor sehr robust sein.

## 3.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Ziele und Mittel dieser Arbeit aufgezeigt. Es wurden die Eigenschaften von Möbeln beleuchtet und die Bedingungen bestimmt, unter denen Sensoren in Möbel integriert werden können. Das Ergebnis ist, dass die Sensoren zwar im Raum gewünscht sind, für den Nutzer aber unsichtbar sein müssen.

In Kapitel 3.1 wurde herausgearbeitet, dass Möbel sowohl durch ihre Akzeptanz beim Nutzer, als auch durch ihre Frequentierung, ein guter Ort für die Unterbringung von Sensoren sind. Dabei besteht der Grundsatz „function follows form“ der besagt, dass die Position von Sensoren dem Design und Material der Möbel untergeordnet sein muss. Bleibt die Funktion der Form untergeordnet, ist davon auszugehen, dass Akzeptanzprobleme minimiert werden.

In Unterkapitel 3.2 wird der Begriff der Möbel für diese Arbeit auf Wohnzimmermöbel eingegrenzt und Möbel wie Schränke und Truhen ausgeschlossen. Als weiteres Ziel dieser Arbeit wird die Schaffung einer Basis für kontextsensitive Möbel genannt. Hierzu gehören Sensoren, die Daten beschaffen. Diese Daten sollen als Basis für weitere Arbeiten dienen, die auf Grundlage von intelligenten Möbeln Kontext generieren und erkennen können.

Als guter Startpunkt für Kontextinformationen wurde zudem die Positionsinformation herausgearbeitet. Positionsinformationen bieten eine gute Ergänzung zu anderen verteilten Sensoren bei der Antwort auf die Frage, was ein Bewohner im Moment tut. Darum liegt der Fokus dieser Arbeit in der Gewinnung von Positionsinformationen über Bewohner einer intelligenten Umgebung.

Nachdem der Bereich dieser Arbeit bestimmt wurde, wurden ab Unterkapitel 3.3.1 verschiedene Sensorarten vorgestellt. Diese wurden nach dem Gesichtspunkt ausgewählt, dass sie als Basis für eine möglichst große Zahl an Prototypen für kontextsensitive Möbel dienen können. Als Referenzdesign wurden Matrizen aus Kraftsensoren vorgestellt. Zu dieser Sensorart wurde zusätzlich in Zusammenarbeit mit Ann-Kathrin Weiss ein Prototyp gefertigt, der in den ab Kapitel 4 vorgestellten intelligenten Möbeln genutzt werden kann.

Zusätzlich zu den Matrizen aus Kraftsensoren wurden alternative Sensoren beschrieben, welche bedeutend preiswerter sind und mit einfachen Mitteln in Möbel integriert werden können.

Das folgende Kapitel 4 beschäftigt sich mit konkreten Szenarien und Implementierungsvorschlägen zu intelligenten und kontextsensitiven Möbeln. Für die Implementierung werden die in diesem Kapitel beschriebenen Sensortechnologien genutzt.

## 4 Szenarien und Entwickelte Hardware

Nachdem in Kapitel 2 das grundlegende Gebiet dieser Arbeit festgelegt wurde, werden in den folgenden Kapiteln unter Einsatz- und Implementierungsmöglichkeiten intelligenter Möbel vorgestellt.

### 4.1 Intelligenter Boden

Die naheliegendsten Informationen, die über einen intelligenten Boden gewonnen werden können, sind belegte Flächen und deren Bewegungen mit der Zeit. Zusätzliche Informationen über Geschehnisse im Raum könnten beispielsweise Temperaturunterschiede liefern. Bedeutend schwieriger wird die Identifizierung von Personen, etwa über deren persönlichen Fußabdruck, Masse oder anderer Messgrößen eines Körpers.

Die Erkennung belegter Flächen erlaubt es einem Kontextsystem präzisere Annahmen darüber zu generieren, was ein Bewohner im Moment macht. Dabei ist es nicht nur von Bedeutung, welche belegte Fläche einem Lebewesen zugeordnet werden kann. Auch die Information über den Ort eines Sofas, Sessels, etc. kann das Modell der Umgebung vervollständigen.

Um Gegenstände und Personen möglichst genau erfassen zu können, besteht ein idealer intelligenter Boden aus einer extrem großen Anzahl an Kraftsensoren, die mit anderen Sensorarten ergänzt werden können. Im Folgenden werden verschiedene Szenarien für einen intelligenten Boden vorgestellt. Anschließend beschäftigt sich der Abschnitt Forschungsarbeiten auf Seite 38 mit Arbeiten aus diesem Bereich. Ab Seite 40 werden eigene Ansätze beschrieben.

#### Szenarien

Das Wissen über feste Einrichtungsgegenstände und deren Unterscheidbarkeit zu Lebewesen ermöglicht Prognosen darüber, was ein Bewohner tun möchte. Befindet sich der Bewohner auf dem Sofa, guckt einen Film, steht auf und geht zum Badezimmer, bedeutet das sehr wahrscheinlich, dass er gleich zurückkommen möchte, um seinen Film weiter zu sehen.

Befindet sich in der Richtung, die der Bewohner eingeschlagen hat nur ein potenzielles Ziel, das Badezimmer, kann hier bereits das Licht angeschaltet werden und das Wasser in den Leitungen zum Wasserhahn auf die am meisten bevorzugte Temperatur erwärmt werden. Wurde eine bestimmte Uhrzeit überschritten, liegt die Annahme nahe, dass der Bewohner sich bettfertig machen möchte, in diesem Fall könnte die Bettheizung aktiviert werden, um die Decken anzuwärmen.

Neben solchen Funktionen zur Erhöhung der Bequemlichkeit können Informationen über die Belegung des Fußbodens wichtige Assistenzfunktionen ermöglichen. Sehbehinderte Menschen könnten mit einem sehr feinen Sensornetz im Boden über Gegenstände in deren Weg gewarnt werden. Darüber hinaus gibt es verschiedene Ansätze, wie Stürze über einen intelligenten Boden erkannt werden können. Eine einfache Sturzerkennung wurde im Rahmen dieser Masterarbeit in kleinem Umfang implementiert und wird in Kapitel 4.1 ab Seite 50 näher erläutert.

Ein drittes Einsatzgebiet ist die Einbrucherkennung, so kann ein intelligenter Boden so ausgeführt werden, dass er als unüberwindbares Detektionsinstrument bei Einbrüchen funktioniert. Betritt ein bewegliches Objekt den Boden durch ein Fenster oder eine abgeschlossene Tür, ist ein Einbruch sehr wahrscheinlich. In diesem Fall kann ein heimkommender Bewohner gewarnt oder der eingreifenden Polizei genau mitgeteilt werden, ob und wo sich die Person im Haus befindet. Zusätzlich kann sehr präzise aufgezeichnet werden, wie der Verlauf des Einbruchs war, an welche Schränke ein Einbrecher gegangen ist und welcher Weg zurückgelegt wurde.

## Bestehende Systeme

Um einen intelligenten Boden zu realisieren, gibt es viele Ansätze. Hier sollen drei Systeme vorgestellt werden, die auf unterschiedlichen Technologien basieren.

Eine besonders hoch auflösende Technologie kommt von der Firma Tactex, die zur Messung von Fußbelastungen entwickelt wurde (vgl. [tactex](#)).

Das System besteht aus Sensorkacheln mit integrierten Kraftsensoren. Diese haben eine Größe von 305x305x16 Millimetern und können über ein Stecksystem verbunden werden. Das System bietet zwei Arten von Kacheln, eine Art mit 144 und eine mit 576 einzelnen Kraftsensoren. Verbunden werden können um die 30 Kacheln, wobei die Daten über USB an einen Computer gelangen. Damit ein kompletter Fußboden mit diesem System ausgestattet werden kann, muss das System erweitert werden. Entweder müssen die Sensoren zu Clustern zusammen geschlossen und die Daten mehrerer Cluster zu einer großen Fläche zusammengebunden oder das integrierte Bussystem erweitert werden.

Aufgrund der Insolvenz der Firma Tactex konnte kein Muster angeschafft werden. Damit ist nicht klar, was die Einschränkungen sind und wo die Kosten für dieses System liegen. Vermutlich handelt es sich bei der oberen Schicht auf den Kacheln um eine weiche Oberfläche. Eine weiche Oberfläche ermöglicht, es individuelle Fußabdrücke zu erkennen. Damit ist ein Einsatz unter Laminat oder Parkett ausgeschlossen. Auch unter Teppich ist nicht klar, wie gut die Eigenschaften des Systems sind. Diese Eigenschaften sind von der Steifigkeit der Bodenseite und der Art des Teppichs abhängig, welche die Krafteinwirkung auf die Sensoren beeinflussen.

Durch die sehr hohe Auflösung taugt dieses System als Referenzsystem, welches Potential für Oberflächen hat, die im Wohnbereich einsetzbar sind.

Ein kapazitiver Ansatz ist in einer Patentschrift der Firma Vorwerk [Meggle und Wallmeyer \(2009\)](#) veröffentlicht. In dieser Patentschrift wird beschrieben, wie kapazitive Sensoren in einen Teppich eingearbeitet werden können. Dabei wurden Grundlagen der Digital- und Elektrotechnik auf Bodenbeläge übertragen. Leider wurde dieses Projekt eingestellt.

Unabhängig von dem System der Firma Vorwerk entstand das kapazitive System SensFloor der Firma FutureShape. Es entsprang einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziertem Forschungsprojekt<sup>1</sup> und erlangte inzwischen die Produktreife. Abbildung 4.1 zeigt den Aufbau des Systems.

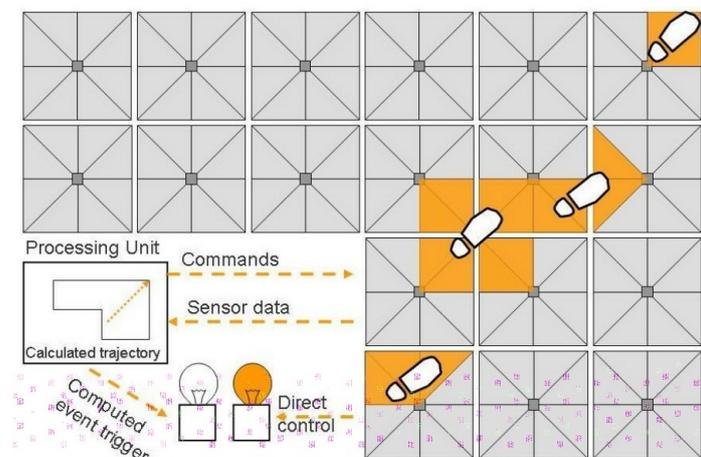


Abbildung 4.1: Aufbau Sensfloor (Quelle: [www.sensfloor.de](http://www.sensfloor.de))

Die Besonderheiten dieses Systems liegen neben der textilen Ausführung in der Anordnung und Form kapazitiver Sensoren. Zu jeweils acht Elektroden gehört ein Funkmodul, welches die erfassten Messwerte weiterleitet. Pro Quadratmeter liegen vier dieser Gruppen aus Funkmodul und Elektrode. Ziel war es Sensoren zu bauen, deren Kachelung dem menschlichen

<sup>1</sup> siehe Projektseite des Systems unter <http://www.sensfloor.de/>

Fuß nahe kommen. Weitere Informationen zu diesem System finden sich in [Quinn \(2010\)](#) und [Steinhage und Lauterbach \(2011\)](#), sowie auf der Webseite der heutigen Vertreiberfirma Futureshape<sup>2</sup>.

Einen anderen Ansatz verfolgen Christian Möllering, Kai Kasugai, Peter Russel und Thomas Stachelhaus von der RWTH Aachen Universität mit ihrem „intelligenten Raumband“. Bei diesem System befinden sich Infrarot Sensoren in den Zargen und Fußleisten von Räumen. Wie bei IR-Touchscreens bilden diese Sensoren ein Infrarotnetz über die gesamte Raumfläche [Möllering u. a. \(2009\)](#).

Ein Vorteil des intelligenten Raumbandes ist der Verzicht auf kapazitive Sensoren, die ein aktives elektrisches Feld im Wohnbereich aufbauen. Die Nutzung von infrarotem Licht bietet allerdings erfahrungsgemäß Schwierigkeiten bei Lichtquellen wie der Sonne, da diese den Raum ihrerseits mit infrarotem Licht fluten und somit Störungen hervorrufen. Dieser Effekt tritt oft bei Touchscreens auf, deren Finger Erkennung auf Infrarot Licht basiert.

Im Folgenden werden eigene Ansätze beschrieben, welche die oben beschriebenen Ansätze ergänzen.

## Eigene Ansätze

Neben den Überlegungen zum intelligenten Sofa, die in Kapitel [4.5](#) genauer betrachtet werden, entstanden Ansätze zu Möglichkeiten, einen intelligenten Bodenbelag für das Living Place Hamburg zu schaffen. Diese Ansätze werden im Folgenden beschrieben. Dabei wird mit einem resistiven Ansatz begonnen, der die Technologie aus dem Balancesensor nutzt. Anschließend wird ein sehr flexibler und einfacher Ansatz für kapazitive Sensoren vorgestellt, der mit dem in Kapitel [3.3.3](#) vorgestellten CapSense Board umgesetzt worden ist.

## Einsatz von Balance Sensoren

Bei den vorgestellten Ansätzen von Vorwerk, FutureShape und Tactex ab Seite [38](#) wurde stets eine Matrix aus relativ kleinen Sensorpunkten gebaut. Diese Sensormatrix konnte dann skaliert werden, womit große Sensorflächen realisiert werden können. Der Ansatz mit Balance Sensoren geht in eine andere Richtung. Bei diesem Ansatz sollen möglichst wenig Sensorpunkte eine möglichst genaue Positionsinformation über Gegenstände und Personen auf einer definierten Fläche geben. Das geht, wenn auf präzise Informationen über die Flächenbelegung eines Objektes verzichtet werden kann.

---

<sup>2</sup><http://www.future-shape.de/sensfloor.html>

Einen exemplarischen Aufbau zeigt Abbildung 4.2. Sie zeigt eine Bodenfläche, die von vier Mal fünf Sensorflächen überzogen ist. Das Material der Sensorflächen muss stabil sein und kann in ansprechender Holzoptik anstelle eines Parkett- oder Laminatbodens in Wohnumgebungen integriert werden. An jeder Ecke der Platten ist ein Kraftsensor angebracht, der in der Abbildung als grauer Kasten dargestellt ist. Damit gleicht der Aufbau dem Balancesensor aus Kapitel 3.3.2 auf Seite 30.

Die Lücken zwischen den Kacheln und die Kästen oberhalb der Fläche in Abbildung 4.2 dienen der Veranschaulichung. In einer realen Implementierung fallen die Kästen auf der oberen Seite weg und die Lücken zwischen den Kacheln entfallen, beziehungsweise fallen sehr klein aus.

Da zum Messen der Kräfte aus den Kraftsensoren einige zusätzliche Hardware notwendig ist, macht es Sinn, Gruppen von Kacheln zu definieren und die Daten an einem dafür bestimmten Controller zusammen laufen zu lassen. An diesem Knoten können die Daten ausgewertet und an eine intelligente Wohnumgebung versendet werden. Damit ähnelt der Aufbau dem des oben vorgestellten SensFloor Systems.

Ein Problem beim Einsatz von Balance Sensoren im Boden ist die Wahl des passenden Sensors. Der Boden wird durch verschiedene, schwere Gegenstände wie beispielsweise Schränke belastet. Die Sensoren dürfen durch diese Gegenstände nicht überlastet werden, wodurch sie Schaden nehmen könnten. Einer Überlastung der Sensoren kann beispielsweise durch den Bau eines Anschlags vorgebeugt werden, der die Kraft ab einer bestimmten Verformung des Sensors aufnimmt. Dieser Aufbau ermöglicht den Einsatz einfacherer Kraftsensoren, da diese nicht mehr überlastet werden können, sondern im Fall zu großer Belastung den Maximalwert anzeigen.

Die andere Lösung für das Problem der Überlastung ist die Wahl eines Sensors für hohe Gewichte. Das Problem bei der Sensorwahl setzt sich bei diesem Ansatz aus zwei Größen zusammen. Diese Größen sind die Sensitivität der Sensoren und die Unbekannte maximale Belastung eines Sensors im laufenden Betrieb. Darum sollte auch beim Einsatz von sehr stabilen Sensoren darauf geachtet werden, dass sie bei sehr großen Gewichten nicht zerstört werden können.

Der Aufbau eines intelligenten Bodens über die Kachelung von Kraftsensoren hat den Vorteil, dass er relativ kostengünstig produziert werden kann. Dabei ermöglicht er mit wenigen Sensoren eine gute Vorstellung davon, wo sich eine Person bewegt. Der Boden kann wie bisher üblich mit Tischen, Stühlen, Teppichen oder anderen Gegenständen belastet werden, wobei eine sinnvolle Kachelgröße gefunden werden muss, damit genügend unbelastete Sensorflächen frei stehen, um Bewegungen detektieren zu können.

Da das Living Place Hamburg über einen Doppelboden verfügt, der aus quadratischen Bodenplatten besteht, existiert hier bereits eine gute Basis um diese Technologie auszupro-

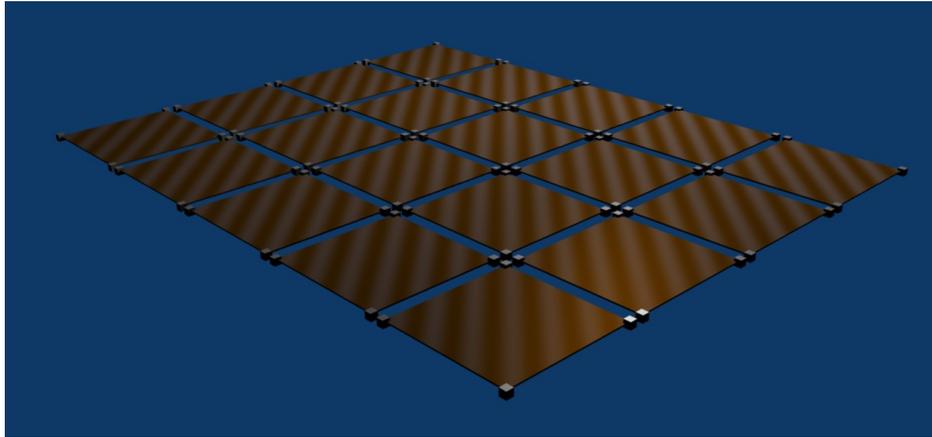


Abbildung 4.2: Exemplarischer Aufbau eines Bodens mit Balancesensoren

bieren. Hierfür könnten die Stützen eines ausgewählten Bereichs des Doppelbodens um Kraftsensoren ergänzt werden. Diese Kraftsensoren könnten, wie in Abbildung 4.2 gezeigt, jeweils an den Ecken der einzelnen Kacheln montiert werden. Der Aufbau benötigt vier mal so viele Sensoren wie Kacheln. Die Anzahl der benötigten Kacheln kann jedoch modifiziert werden und kann vergleichsweise groß ausfallen. Auf großen freistehenden Fluren könnten beispielsweise Kacheln von einem Quadratmeter zum Einsatz kommen. Das reduziert den Aufwand an Sensorik.

Alternativ können an den Übergangspunkten anstelle von vier Kraftsensoren per Stütze (siehe Abbildung 4.2) ein stärker Kraftsensor genutzt werden. Durch diesen Aufbau würde sich die Elektronik vereinfachen, allerdings müssten die einzelnen Kraftsensoren für größere Kräfte ausgelegt sein. Theoretisch müsste auch dieser Aufbau die Detektion von Bewegungen ermöglichen, wobei die Genauigkeit reduziert wird.

### **Einsatz von gekachelten Elektroden**

Dieser Ansatz entspricht den oben vorgestellten System von SensFloor. Ein Vorteil besteht in der größeren Flexibilität bei einem Selbstbau, da hier die Stärke des elektrischen Feldes selber bestimmt und auch für zukünftige neue Ideen genutzt werden kann.

Beim Ansatz mit gekachelten Elektroden muss darauf geachtet werden, dass der Abstand der aktiven Elektroden genügend groß ist, damit keine gegenseitigen Störungen auftreten. Gleichzeitig muss der Aufbau so ausgelegt sein, dass ein Übersprechen der Signale zwischen Elektroden ausgeschlossen ist. Dieses Übersprechen wird durch eine Schirmung verhindert.

Ein Beispiel für einen solchen Aufbau zeigt Abbildung 4.3. In der Abbildung sind die hölzernen Bodenplatten transparent, um die darunter liegenden Sensoren sichtbar zu machen. Jede der 20 Sensoren besteht aus einer Elektrode, die in er Wanne liegt. Die Wanne stellt die Schirmung dar und verhindert ein Übersprechen des elektrischen Feldes auf die Nachbarplatte, wenn diese deaktiviert ist. In diesem Beispiel sind die Platten zur besseren Veranschaulichung relativ weit auseinander. In einer realen Implementation würden diese Sensorplatten so dicht wie möglich zusammenstehen, um „blinde“ Bereiche möglichst klein zu halten.

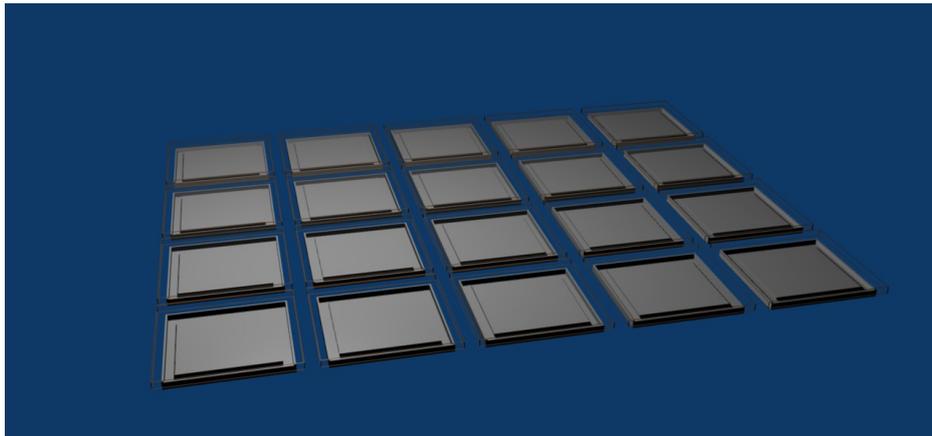


Abbildung 4.3: Kapazitive Sensoren unter Bodenplatten

Um eine Bodenfläche mit kapazitiven Sensoren zu bestücken, macht es Sinn die Elektroden zur Erfassung kapazitiver Änderungen über einen Multiplexer an einen Schwingkreisgenerator zu schließen. Der Multiplexer löst zwei Probleme. Durch das Multiplexen des Signals sind weniger Elektroden gleichzeitig aktiviert, wodurch sich die erzeugten elektrischen Felder nicht gegenseitig stören können. Gleichzeitig werden weniger teure Schwingkreisgeneratoren benötigt.

Einen beispielhaften Aufbau der Elektronik zeigt Abbildung 4.4. Dieser Aufbau kann in vier Ebenen geteilt werden. Auf der oberen Ebene eins, befindet sich die Verarbeitungshardware. Sie nimmt Messwerte als Zahlen an und nimmt eine mögliche Vorverarbeitung für die spätere Verteilung in der intelligenten Wohnumgebung vor. Dieser Verarbeitungsebene nachgelagert ist die Ebene zwei, die für die Erzeugung der Schwingkreise verantwortlich ist. Theoretisch könnte die Ebene vier direkt mit der Ebene zwei verbunden werden. In diesem Fall gäbe es genau eine Elektrode, also einen Sensor pro Schwingkreiserzeuger. Damit wäre eine hohe Abtastrate der Bodenfläche möglich, es entstünde jedoch das oben beschriebene Problem der gegenseitigen Störung der elektrischen Felder. Dieses Problem löst Ebene drei, welche das Signal des Schwingkreiserzeugers auf jeweils eine Elektrode leitet. Die anderen Elektroden sind in dieser Zeit nicht aktiv.

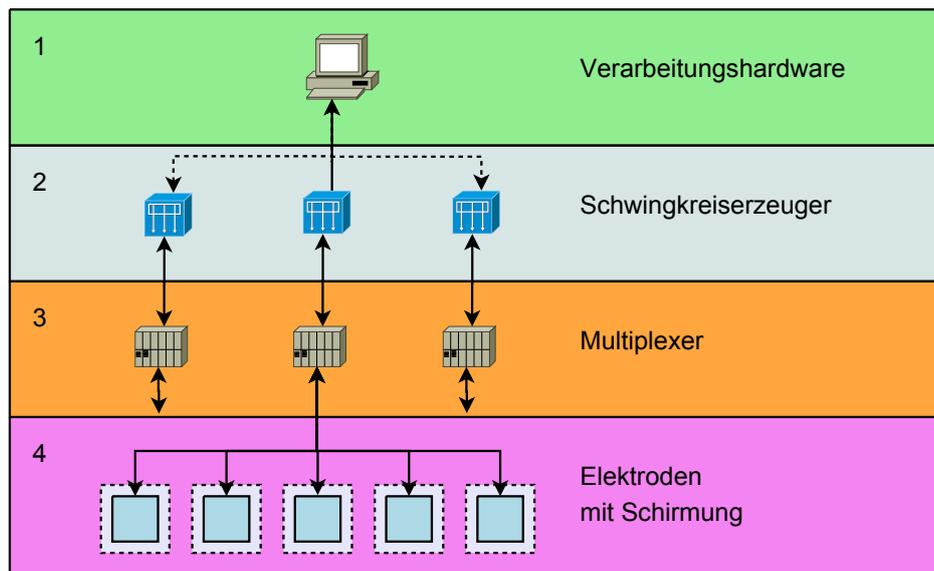


Abbildung 4.4: Aufbau eines Systems mit kapazitiven Sensoren

Der Nachteil liegt darin, dass pro Multiplexer nur eine Elektrode zurzeit aktiv ist, was eine Reduzierung der Abtastraten der einzelnen Felder zur Folge hat. Diese Einschränkung hat der Aufbau des intelligenten Bodens mit den im vorherigen Abschnitt ab Seite 4.1 vorgestellten Balance Sensoren nicht. Es macht auch Sinn die einzelnen Kraftsensoren über einen Multiplexer an einen Instrumentenverstärker zu koppeln, um teure Hardware zu sparen. Da sich die einzelnen Sensoren nicht stören können, kann bei den Balancesensoren jedoch bei Bedarf ohne großen Aufwand, eine Reduzierung des Multiplexens umgesetzt werden.

Seinen großen Vorteil spielt der Einsatz der kapazitiven Sensoren in der mechanischen Einfachheit und der damit verbundenen Haltbarkeit aus. Bei kapazitiven Sensoren werden die einzelnen Elektroden inklusive Schirmung verlegt. Anschließend sind sie keiner besonderen mechanischen Belastung ausgesetzt, da die Messungen rein elektrisch erfolgen. Werden die Elektroden nicht bewegt und sind die Elektroden aus einem Material gefertigt, welches nicht korrodiert, sind sie praktisch ewig haltbar. Selbst ein Anbohren der Elektroden bei späteren Renovierungsarbeiten ist unkritisch.

Probleme mit Abstützkonstruktionen etc., wie sie der Ansatz mit Balancesensoren mit sich bringt, existieren beim Ansatz mit kapazitiven Sensoren nicht. Außerdem lassen sich die Elektroden unter jedem nicht leitenden Material unsichtbar verbauen. Damit ist der Einsatz unterhalb von Teppichen, Laminat oder eingegossen im Estrich möglich.

Ein Nachteil bezüglich der Akzeptanz könnte bei einigen Menschen der aktive Charakter der kapazitiven Messungen sein. Zwar wird bei kapazitiven Sensoren, wie in Kapitel 3.3.3 beschrieben, lediglich ein sehr schwaches elektrisches Feld aufgebaut, dennoch ist es theo-

retisch möglich, dass bisher unbekannte gesundheitliche Probleme damit verbunden sein könnten. Wird der immer größer werdende Markt verschiedenster Abschirmmaterialien für elektrische Felder betrachtet, wird deutlich, dass diese Technologie bei einigen Menschen ein ungutes Gefühl entstehen lassen könnte. Dieses Gefühl steht dem Einsatz dieser Technologie entgegen.

Ein möglicher Ansatz dieses Problem zu lösen wäre, eine Schirmung über einem eindrückbaren Belag oberhalb des Bodens zu legen. Dieses ist beim Boden jedoch nicht sehr sinnvoll, da viele Vorteile der Technologie verloren gingen und wiederum besondere Umbauten und Ergänzungen zur bisherigen Einrichtung notwendig werden. So müsste über dem gesamten kapazitiv arbeitenden Teil des Fußbodens ein Teppich liegen, der auf die genauen technischen Besonderheiten abgestimmt ist.

### **Einsatz eines Elektrodennetzes**

Der oben beschriebene Aufbau mit gekachelten kapazitiven Sensoren, birgt ein Skalierungsproblem. Die Kosten für dieses Verfahren vergrößern sich quadratisch was dem Ideal vieler Sensorpunkte, wie es auf Seite 37 dargestellt wird, entgegen wirkt.

Eine Alternative zum Verteilen von Elektrodenkacheln kann dem Bereich der kapazitiven Touchscreens entnommen werden. Bei vielen kapazitiven Touchscreens wird ein Netz aus streifenförmigen Elektroden über einen Bildschirm gelegt. Dadurch reduziert sich die Anzahl der tatsächlich notwendigen Elektroden auf die Größe der horizontalen und vertikalen Auflösung.

Ein Feld, das aus fünf Sensorpunkten in der Horizontalen und zehn Sensorpunkten in der Vertikalen besteht, braucht statt 50 nur 15 Elektroden. Die Erkennung einer Person findet statt, wenn ein oder mehrere Streifen aktiviert werden. Sobald ein horizontaler und ein vertikaler Streifen aktiv sind, ist die Position auf der jeweiligen Achse bekannt. Ein Beispiel zeigen Abbildung 4.5 bis 4.9. Die Abbildung zeigt ein Modell des im Rahmen dieser Masterarbeit entstandenen Teppichs. Der Teppich ist einen Meter lang und fünfzig Zentimeter breit. Verbaut wurden acht Elektroden, was der maximalen Anzahl des in Kapitel 3.3.3 vorgestellten CapSense Sensors entspricht. Die Elektroden bestehen aus einfachem 5mm starken, isoliertem Kupferdraht.

Ein weiterer Vorteil des Elektrodennetzes ist die geringere Stärke des elektrischen Feldes, welche von den einzelnen Elektroden aus geht. Grund für die Reduktion der Feldstärke ist die geringere Oberfläche der Elektrode. Diese geringere Feldstärke bedeutet, dass Annäherungen auf eine geringere Entfernung detektiert werden können. Da Böden stets direkt berührt werden, hat dieser Nachteil eine geringere Bedeutung. Der Nachteil der geringer

Detektierbarkeit wird mit dem Vorteil der geringeren, gefühlten bzw. potentiellen Gesundheitsgefährdung aufgewogen.

Um eine möglichst gleichmäßige Erkennung über die gesamte Fläche zu erhalten, wurden jeweils vier Elektroden für die horizontale und vier Elektroden für die Vertikale Ausrichtung eingesetzt. Die Größe des Sensorfeldes wurde so gewählt, dass es nur sehr schwer möglich ist, den Teppich zu betreten ohne von mindestens einem der Elektroden registriert zu werden.

Abbildung 4.5 zeigt den Aufbau des umgesetzten Sensornetzes, welches durch grüne Linien symbolisiert wird. Jede der Linien entspricht einer Elektrode in der Realität. Die Füße zeigen die Relation zwischen den Füßen eines Erwachsenen und dem Sensornetz.

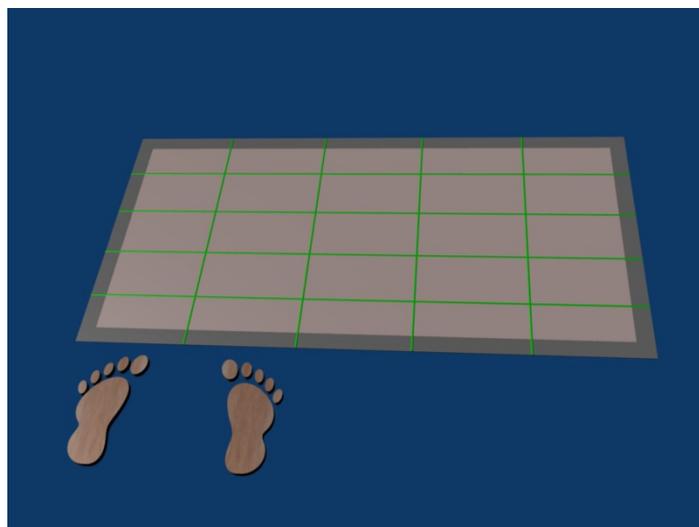


Abbildung 4.5: Teppich Sensor unbenutzt

Wird der Teppich betreten, verändert sich das elektrische Feld über den Elektroden. Aus dieser Veränderung wird auf die Anwesenheit eines Fußes geschlossen (Abbildung 4.6). Der Sensor meldet einen neuen Wert an das System. Die einfache Implementierung für diese Masterarbeit erkennt lediglich einen Ruhezustand (grün) und die Detektion eines Objektes (rot). Der Wechsel zwischen diesen Zuständen tritt ein, wenn ein vordefinierter Schwellwert über- oder unterschritten wird.

Abbildung 4.6 zeigt die Informationen, die das System erhält, wenn lediglich ein Sensor die Präsenz eines Fußes erkennt. Tritt dieser Fall auf, ist bekannt, dass eine Person auf dem Teppich steht. Gleichzeitig ist bekannt, dass die Person an der unteren Kante steht. Die horizontale Position kann nicht erkannt werden, da keine der vertikalen Sensoren ansprechen.

Um die Position eines Menschen, Tieres oder Gegenstandes genau zu erkennen, müssen jeweils ein horizontaler und vertikaler Sensor ansprechen. Diesen Zustand zeigt Abbildung

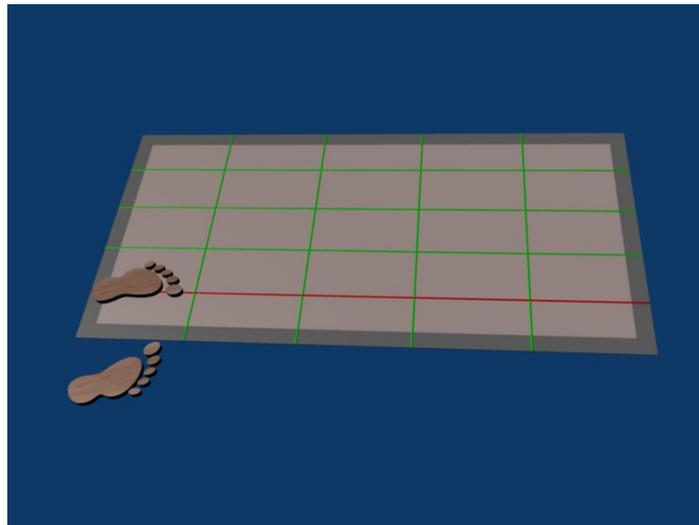


Abbildung 4.6: Ein Sensor aktiv

4.7. Die Abbildung zeigt einen Mensch, der mit beiden Füßen auf dem Teppich steht. Dabei treffen beide Füße die im Teppich verbauten Sensoren an zwei Punkten. Das Sensornetz sollte immer so eng gefertigt sein, dass dieser Zustand eintreten muss.

Alternativ kann die Position mit Hilfe der zeitlichen Nähe aktivierter Sensoren ermittelt werden. Geht eine Person über das Netz, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass mal ein horizontaler und mal ein vertikaler Sensor aktiviert wird. Diese Werte können, mit einander verknüpft, die Position eines bewegten Objektes bestimmen.

Zu beachten ist, dass ohne zeitliche Auflösung keine Aussage darüber getroffen werden kann, in welche Richtung die Person sieht. Lediglich die Position kann sehr genau bestimmt werden. Um eine Aussage über die Ausrichtung einer Person erhalten zu können, müssen Bewegungsinformationen ausgewertet werden. Da Bewegungen im Regelfall vorwärts verlaufen, kann davon ausgegangen werden, dass eine Person in Richtung der Bewegung steht. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 4.8, wobei die Farben orange und gelb für den Detektionsverlauf in Zeit stehen. Die Bewegung verlief von der Position aus Abbildung 4.7 zu der Position in Abbildung 4.8, wobei zunächst der gelb und dann der orange eingefärbte Sensor die Person detektierte.

Das System kann also für die meisten Fälle davon ausgehen, dass die Person auf Abbildung 4.8 mit dem Gesicht nach rechts steht.

Über die Bewegung lassen sich ebenfalls Rückschlüsse auf Ereignisse, wie zum Beispiel dem Umdrehen treffen, auf die hier nicht genauer eingegangen wird.

Dieses System funktioniert für eine Person sehr zuverlässig. Probleme treten auf, wenn sich

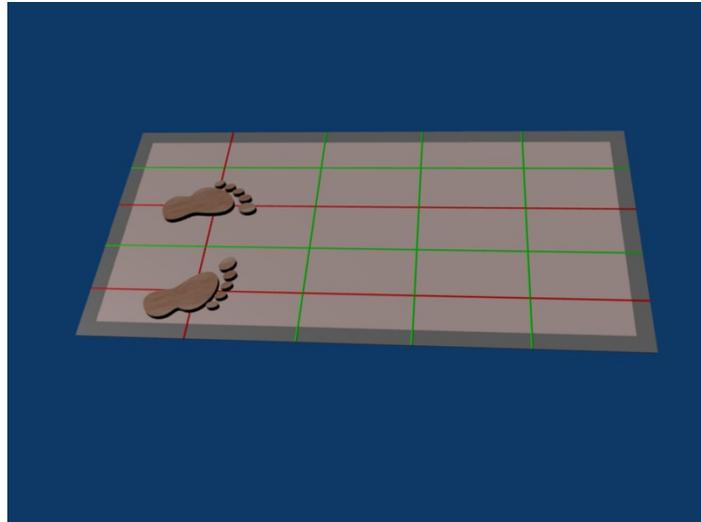


Abbildung 4.7: Zwei Sensoren aktiv, sichere Erkennung

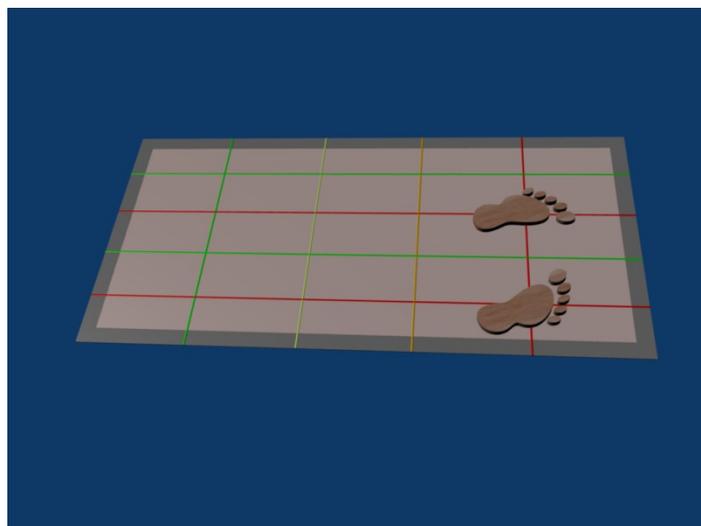


Abbildung 4.8: Rückschluss auf die Ausrichtung durch die Bewegung

mehr als eine Person auf dem Teppich bewegen. Das größte Problem zeigt Abbildung 4.9. Bewegen sich zwei Personen auf der Fläche ist eine genaue Positionserkennung nicht mehr gewährleistet. Aus den Messwerten alleine lässt sich nicht schließen, ob die blauen oder die braunen Füße die aktuelle Situation auf dem Teppich wieder spiegeln.

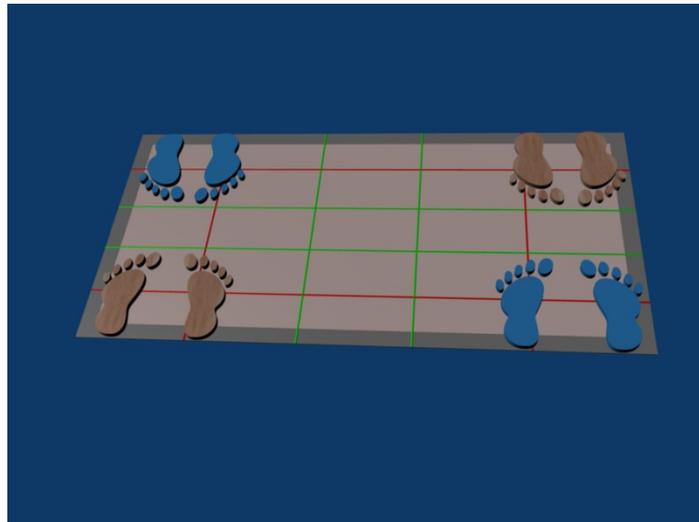


Abbildung 4.9: Problem der "Geisterbilder" bei zwei Personen

Dieses Problem existiert ebenfalls bei verwandten Techniken zur Erkennung von Fingern auf Bildschirmen. Bei zwei Fingern muss bereits geraten werden, da nicht unterschieden werden kann, wo sich die Finger physikalisch befinden. Algorithmen zum Lösen dieser Probleme sind beispielsweise in einer Arbeit von Stefan Gehn (vgl. [Gehn, 2007](#), Seite 7f), sowie in einer Arbeit von Mohammadali Rahimi und Matthias Vogt entstanden (vgl. [Rahimi und Vogt, 2008](#)).

Bei einem intelligenten Boden können diese Probleme mit Mehrdeutigkeiten durch die Nutzung von Kontextinformationen umgangen werden. Dabei wird angenommen, dass Personen einen Raum nur an Türen oder vielleicht Fenstern betreten können. Sprünge von mehr als vier Metern sind äußerst unwahrscheinlich. Durch die kontinuierliche Verfolgung der aktivierten Sensoren können auch mehrere Menschen auf dem Boden dauerhaft auseinandergelassen werden.

Zusätzlich zur Nutzung von Kontextinformationen können Sensornetze gekachelt werden. Bei diesem Ansatz erhöht sich die Anzahl der benötigten kapazitiven Sensoren. Dafür ist eine bessere Nachvollziehbarkeit bei mehreren Personen gegeben. Die Kosten bleiben immer noch deutlich unter dem in Kapitel 4.1 vorgestellten Verfahren. Gleichzeitig bleibt die einfache Verarbeitung und damit das kostengünstige Nachrüsten der Technik.

Probleme entstehen dennoch, wenn zwei Personen zu dicht zusammen kommen und somit die Zuordnung verloren geht. Für diesen Fall sind weitere Sensoren erforderlich.

Davon unabhängig können mit dem in diesem Kapitel vorgestelltem System Stürze sehr leicht erkannt werden.

Zur Erkennung eines Sturzes existieren verschiedene Verfahren. Oft beruhen die Verfahren auf einer Objekterkennung oder einer Annahme darüber, wie viel Raum ein Mensch einnimmt, der auf dem Boden liegt. Auch die zeitliche Abfolge von Ereignissen erlaubt Prognosen über einen möglichen Sturz. Diese Verfahren arbeiten über relativ komplizierte Algorithmen.

Die Positions- und Sturzerkennung auf einem Sensornetz profitiert von der Anordnung der Sensoren. Um die Größe einer belegten Fläche auf dem Teppich zu ermitteln, reicht es, die Anzahl aufeinander folgender Sensorstreifen zu zählen. Überschreitet die Anzahl der aufeinanderfolgenden aktiven Sensorstreifen definierte Schwellwerte in horizontaler und vertikaler Ausrichtung, ist ein Sturz erkannt. Der Wert des Schwellwertes hängt dabei vom Raster des Sensornetzes ab. Ein Beispiel für einen erkannten Sturz zeigt [Abbildung 4.10](#).

Damit dieses Verfahren funktioniert, muss darauf geachtet werden, dass für eine positive Sturzerkennung immer mehr Sensoren benötigt werden, als im Stehen aktiviert werden können. In der Beispielimplementierung wurde daher ein Raster gewählt, bei dem es nicht möglich ist, mit einem Fuß mehr als einen Sensorstreifen in der Vertikalen zu aktivieren. Damit ist es für ein Auslösen der Sturzerkennung notwendig zu knien, was einem Sturz entspricht.

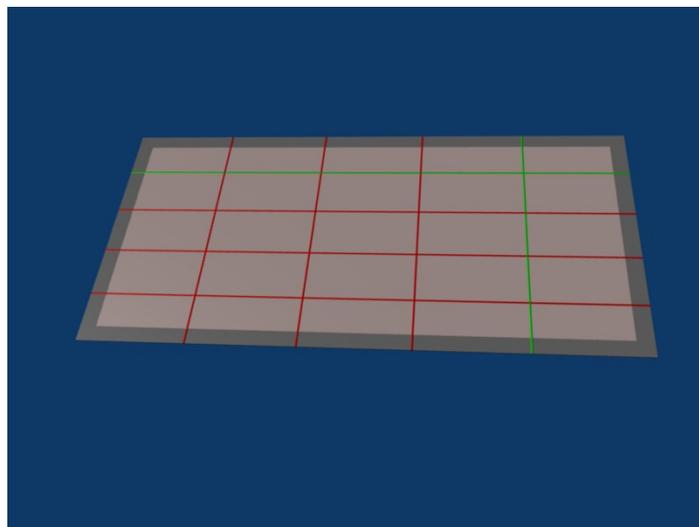


Abbildung 4.10: Mindestens drei zusammenhängende Sensoren in beiden Richtungen aktiv: Sturz erkannt

Da in dieser Arbeit nur die Machbarkeit gezeigt werden soll, wurde auf die Unterscheidung zwischen Hinlegen und Sturz verzichtet. Diese Unterscheidung könnte durch Hinzunahme des zeitlichen Verlaufes in den Algorithmus eingebunden werden.

### 4.1.1 Zusammenfassung

Über einen intelligenten Boden können wichtige Informationen über die Geschehnisse gewonnen werden. Wie die Szenarien in Kapitel 4.1 zeigen, ist die Information über die Position von Bewohnern im Raum ein sinnvoller Faktor bei der Bildung von Annahmen über dessen Vorhaben. Diese Information kann vielfältig genutzt werden und hilft nicht nur bei Lösungen zur Erhöhung der Bequemlichkeit, sondern kann auch einen wichtigen Beitrag als Unterstützung für Behinderte oder für Sicherheitssysteme leisten.

Für die Positionserkennung gibt es verschiedene Systeme. Die Meisten erfordern einen hohen Installationsaufwand, was sowohl die Kosten als auch die Flexibilität einschränkt.

Im Rahmen dieser Masterarbeit ist daher eine einfache Lösung auf Basis von kapazitiven Sensoren entstanden. Sie ist sehr flexibel bei der Installation und kostengünstig.

Es konnte gezeigt werden, dass sowohl die Position einer Person, als auch Stürze, mit geringer Programmkomplexität und geringem Fertigungsaufwand realisiert werden können. Werden mehrere Sensornetze verbunden und gekachelt eingesetzt, verbessert sich die Erkennung mehrerer Personen deutlich. Da das Resultat noch immer ein „einfacher“ Teppich ist, kann er leicht in Bestandswohnungen integriert werden. Hier ist noch viel Potenzial vorhanden.

Nach der Beschreibung intelligenter Böden, zeigt das nächste Kapitel 4.2 Anwendungs- und Implementierungsbeispiele für intelligente Stühle.

## 4.2 Intelligenter Stuhl

Beim intelligenten Stuhl geht es um Sitzmöbel für eine Person, wobei nicht nur einfache Stühle im Essbereich oder Arbeitsbereich gemeint sind, sondern auch Sessel im Wohnbereich. Die Besonderheit eines Stuhls ist seine Flexibilität. Er steht nicht fest im Raum, sondern wird beispielsweise beim Aufstehen oder Aufräumen verrückt.

Über den intelligenten Stuhl können Informationen wie Sitzposition, Bewegungen, sowie Aufsteh- und Setzereignisse gewonnen werden.

Mit Hilfe von Informationen über Sitzposition und Bewegungen auf Sitzmöbeln können Assistenzsysteme helfen, die Sitzhaltung eines Bewohners zu verbessern. Aufsteh und Setzergebnisse können den in Kapitel 4.1 beschriebenen Bodenbelag im Sinne der Kombination von Daten (Sensorfusion) unterstützen. Gleichzeitig können anderen Komponenten einer intelligenten Wohnumgebung Schaltimpulse gegeben werden.

Im Beispiel der Türklingel aus dem Szenario auf Seite 17 könnte die Kombination aus „jemand hat geklingelt“ und „der Benutzer steht auf“ zu der Information zusammengesetzt werden, dass der Benutzer zur Tür geht. Mit dieser Information können andere Dienste aktiviert werden, die das Licht heller stellen und das Fernsehprogramm pausieren und den Besuch an der Tür darauf hinweisen, dass der Bewohner unterwegs ist.

Die Ausrichtung des Stuhls kann Informationen darüber liefern, was der Benutzer im Moment tut. Ist er vom Fernseher ab- und dem Computer zugewandt, beschäftigt sich der Nutzer eher mit dem Computer. Die Beschäftigung mit dem Computer bedeutet, der Fernseher kann ausgeschaltet sein, um Strom zu sparen. Läuft allerdings eine Musiksendung, so kann der Ton aktiv bleiben, da der Bewohner die Musik vermutlich hören möchte.

Durch die Enge des Sitzbereiches kann ein mit Sensoren ausgestatteter, intelligenter Stuhl eine sehr genaue Aussage darüber ermöglichen, wie sich ein Benutzer auf ihm bewegt oder wie genau der Benutzer sitzt. Daraus lässt sich erkennen, ob ein Nutzer schläft oder unruhig ist. Gemeinsam mit der Uhrzeit, dem Terminkalender und dem hinterlegten Wunsch des Bewohners früh ins Bett zu gehen, falls am nächsten Tag ein früher Termin ansteht, kann der Nutzer beim Einnicken geweckt und an dieses Vorhaben erinnert werden.

Ein Zusatznutzen kann außerdem aus der Gewichtsinformation gewonnen werden. Diese kann Rückschlüsse auf die Identität der Person auf dem Stuhl ermöglichen, die gemeinsam mit weiteren Informationen zu einer genauen Identifizierung führen kann. Ist der Bewohner an einer Aufzeichnung des Gewichtsverlaufes interessiert, kann dieser ohne den täglichen Gang auf die Waage erstellt werden. Diese Information könnte besonders im Bereich des in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Ambient Assisted Living von Bedeutung sein, wenn ein Bewohner in einem kurzen Zeitraum viel Gewicht verliert oder gewinnt.

## **Vorüberlegungen zur Implementierung**

Ein Sensor für einen möglichen intelligenten Stuhl ist im Jahr 2009 im Rahmen des Masterprojekt 2 (MP2) an der HAW HAMBURG entstanden (siehe [Dreschke, 2009b](#), Kapitel 2). Die ersten Überlegungen in diese Richtung entstanden im Rahmen der Veranstaltung Anwendungen 1 (AW1) und können in der dazu gehörigen Präsentation und Ausarbeitung nachgelesen werden (siehe [Dreschke, 2008](#), Kapitel 3). Im Folgenden sollen die wichtigsten Details noch einmal aufgezeigt werden.

Die in Kapitel 3.3.1 beschriebene Matrix aus Kraftsensoren stellt eine ideale Voraussetzung für die Erkennung von Positionsinformationen dar. Dabei muss immer Rücksicht auf den jeweiligen Einsatzort genommen werden, um die Unsichtbarkeit des Sensors zu gewährleisten. Bei einem intelligenten Stuhl kann eine Sensormatte, wie sie Abbildung 3.1 zeigt, sehr gut genutzt werden. Wie [Dreschke \(2008\)](#) beschreibt, können die gemessenen Werte eines solchen Sensors als Bild dargestellt und mit Hilfe von Algorithmen aus der Bildbearbeitung und Bildanalyse aufbereitet und analysiert werden. Der Wissenstransfer aus diesem Bereich der Informatik ermöglicht potentiell schnelle Erfolge für die Positionserkennung und bietet einen sehr guten Nährboden für die Extraktion weiterer Information aus den vorhandenen Sensorwerten.

Trotz der Vorteile stellen die Kosten für diese Art von Sensor ein extrem großes Hindernis dar. Darum wurden im Rahmen des MP2 und AW1 nach Alternativen gesucht und verschiedene Technologien gegenübergestellt, die in der Ausarbeitung zu AW1 dargestellt sind (siehe [Dreschke, 2008](#), Seite 10f). Das Ergebnis dieser Arbeit führt zum fertigen Prototypen aus dem Masterprojekt 2 und zu einer einfachen und kostengünstigen Basis für die Gewinnung von Positions- und Richtungsinformationen in Sitzmöbeln. Das Funktionsprinzip wird im nächsten Abschnitt ab Seite 53 gezeigt.

Für das Master Projekt 2 sprachen zwei Hauptaspekte für die Nutzung von USB mit dem Protokoll für das Human Interface Device. Zum einen war die gemeinsame Kommunikationsbasis des Living Place Hamburg zu diesem Zeitpunkt noch in einem sehr frühen und damit unstabilen Stadium (vgl. [Dreschke, 2009b](#), Seite 9). Zum Anderen bietet die Bereitstellung der Daten als Standard Joystick sehr gute Möglichkeiten, die Fähigkeiten des Stuhls eindrucksvoll mit Hilfe von Computerspielen in Szene zu setzen (vgl. [Dreschke, 2009b](#), Seite 11).

Da diese gemeinsame Kommunikationsbasis für das Living Place Hamburg zum gegenwärtigen Zeitpunkt stabil funktioniert und dokumentiert ist, sollte dieses für den intelligenten Stuhl genutzt werden. Das bedeutet nur eine kleine Anpassung des Kommunikationsprotokolles und ermöglicht eine breite Nutzung der Daten in zukünftigen Projekten.

### **Funktionsprinzip**

Der Sensor für den intelligenten Stuhl besteht aus zwei Komponenten, einem Kompassmodul und dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Balancesensor. Damit stehen alle Informationen für die oben genannten Szenarien zur Verfügung.

Das Kompassmodul hat sich in den Versuchen zum Masterprojekt 1 als sehr zuverlässig und einfach in der Handhabung herausgestellt. Es ist fest mit dem Stuhl verbunden und zeigt

damit stets die Ausrichtung des Stuhls an. Die Abbildungen 4.11 und 4.12 zeigen exemplarisch zwei Ausrichtungen des Stuhls. Abbildung 4.11 könnte hierbei die Ausrichtung auf den Fernseher sein, während der Nutzer in Abbildung 4.12 der Tür zugewendet ist.

Der Pfeil vor dem Stuhl zeigt, welche Seite nach vorne gerichtet ist, und entspricht dem Pfeil auf der Datenskizze rechts.

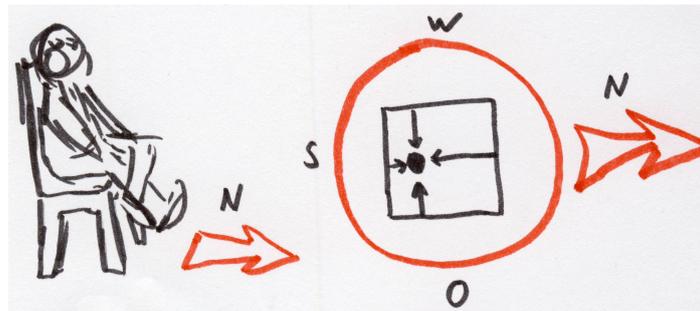


Abbildung 4.11: Person sitzt an die Lehne gelehnt, die Ausrichtung des Stuhls ist Nord



Abbildung 4.12: Person sitzt an die Lehne gelehnt, die Ausrichtung des Stuhls ist Süd

Der Balance Sensor erkennt die Sitzposition des Nutzers. Die Datenskizzen aus den Abbildungen 4.11 und 4.12 zeigen den Schwerpunkt als Punkt. Der Punkt stellt den Schwerpunkt dar und befindet sich im hinteren Bereich des Feldes. Gleichzeitig sitzt die Person sehr mittig, weshalb der Schwerpunkt in der vertikalen im Mittelbereich liegt.

Abbildung 4.13 zeigt eine Situation, in der der Nutzer auf dem vorderen Rand des Stuhls sitzt. In diesem Fall bewegt sich der Schwerpunkt nach vorne. Da der Nutzer mittig sitzt, liegt der Schwerpunkt auch hier im Mittelbereich der vertikalen Achse. Würde der Nutzer schräg auf dem Stuhl sitzen, würde sich der Schwerpunkt entsprechend ändern. So kann erkannt werden, ob ein Nutzer sich beispielsweise auf eine Lehne stützt.

Bewegt sich der Nutzer, kann diese Information genutzt werden, um beispielsweise (Sitz-) Gesten zu erfassen oder die Umgebung über ein unruhiges Sitzen zu informieren. Ruhiges

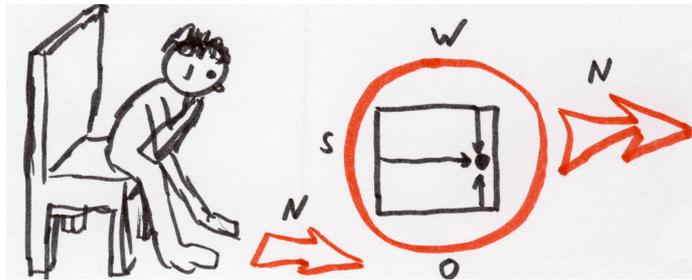


Abbildung 4.13: Person sitzt am vorderen Rand des Stuhls, die Ausrichtung des Stuhls ist Nord

oder unruhiges Sitzen könnten weitere Eingabeparameter für eine Kontexterkennungseingine sein.

Damit sind alle notwendigen Parameter für die Positionserkennung abgedeckt und können genutzt werden. Gleichzeitig bleibt viel Spielraum für weiter führende Sensoren, wie beispielsweise Mikrofone, über die möglicherweise eine Herzfrequenz gemessen werden könnten. Diese Sensoren stellen gute Ansatzpunkte für weiterführende Arbeiten dar.

Das nächste Kapitel zeigt Möglichkeiten eines intelligenten Tisches und geht anschließend auf eine mögliche Umsetzung ein.

### 4.3 Intelligenter Tisch

Beim intelligenten Tisch wird hier ein Wohnzimmertisch angenommen. Die Ideen lassen sich aber auch auf andere Tische, wie Esszimmertisch oder Küchentresen anwenden. Hier wird nicht der Tisch beschrieben, der sich selber aufräumt, sondern der Tisch als zusätzlicher Sensor für eine kontextsensitive Umgebung. Die hier aufgeführten Ideen stellen eine Alternative für eine einfache Version eines Wohnzimmertisches oder eine Ergänzung zu den Arbeiten von Matthias Vogt und Mohammadali Rahimi dar (vgl. [Rahimi und Vogt, 2011](#), Seite 110ff). In ihrer Arbeit beschreiben die Autoren unter anderem, wie ein Tisch als zentrales Informations- und Arbeitselement, kontextabhängig als Platz für Arbeit oder Freizeit genutzt werden kann.

Durch die verwendete Multitouch Technologie des von Matthias Vogt und Mohammadali Rahimi eingesetzten Aufbaus kann der intelligente Tisch bereits viele Dinge in Software erkennen und nutzen. Über eine Kamera können hier Muster auf der Unterseite von Gegenständen, sowie Umrisse von Gegenständen erkannt und verarbeitet werden. Gleichzeitig stellt er ein sehr gutes Eingabemedium dar, welches auch für die Kooperation im Arbeitsumfeld sehr gut geeignet ist (vgl. [Wittern, 2011](#)). Kapazitive Sensoren könnten dieses System sinnvoll

erweitern und zeigen von welcher Seite aus ein Nutzer virtuelle Gegenstände auf dem Tisch manipuliert. Das ist besonders für Anwendungsszenarien mit mehreren Nutzern an einem Multitouch Tisch interessant, wie im oben beschriebenen Szenario von Matthias Vogt und Mohammadali Rahimi.

Gegenstände mit Hilfe der Art und Ausrichtung von Mustern zu erkennen, ist ebenfalls Bestandteil der Masterarbeit von Philipp Roman Steurer von der University of California, Los Angeles. In seiner Arbeit beschreibt Steurer die Erkennung von Magnetmustern unterhalb von Objekten mithilfe einer Vielzahl an Hal-Sensoren. Der spezielle Ansatz dieser Arbeit geht in Richtung Smart Table im Kindergarten. In der Arbeit hilft ein intelligenter Tisch den Lernfortschritt von Kindern zu erfassen, die mit Gegenständen auf dem Tisch interagieren (vgl. [Roman Steurer, 2003](#)).

Das interessante an diesem Ansatz ist, dass einem völlig normal aussehenden Möbelstück Funktionalität hinzugefügt wurde. Es wird weder eine Kamera noch eine besondere Oberfläche benötigt. Diese Eigenschaften sollen auch im folgenden System beachtet werden. Im Abschnitt Implementierung auf Seite 58 wird eine kostengünstige Erweiterung der Ideen zur Objekterkennung auf Tischen aufgezeigt, die bestehende Multitouchsysteme um die Möglichkeit erweitert, die Position mehrerer Gegenstände detektieren zu können.

Der Aufbau eines intelligenten Tisches mit eingebautem Multitouchdisplay birgt momentan zwei hauptsächliche Nachteile. Zum einen ist der Aufbau sehr teuer. Zum Anderen gibt es bisher noch keine ideale Technologie für eine Nutzung ohne Einschränkungen. Je nach verwendeter Technologie, gibt es Probleme mit der Erkennung mehrerer Objekte oder einfallendem Licht. Der flexibelste Ansatz basiert auf der Erkennung von Objekten mit Hilfe von Kameras und infrarotem Licht. Hier gibt es allerdings noch Probleme bei der Bauhöhe, die erst mit der bald erhältlichen Version des Surface2 der Firma Microsoft<sup>3</sup> reduziert werden kann. Wie gut die Toleranz bei einfallendem Licht ist, muss sich noch zeigen. Bisher gibt es bei dieser Technologie Schwierigkeiten in hellen Umgebungen, in denen das Infrarotlicht der Sonne oder Beleuchtung auf den Tisch gelangen kann. In diesem Fall ist der Tisch blind und funktioniert praktisch nur noch als Anzeigegerät.

Neben dem hohen Anschaffungspreis und den technischen Problemen verschreckt der Einsatz des Bildschirms im Tisch möglicherweise potentielle Nutzer intelligenter Wohnumgebungen wie alte Menschen oder Menschen, die eine Umgebung ohne Computer bevorzugen. Für diesen Personenkreis ist eine alternative Erweiterung des Tisches wünschenswert. Diese Erweiterung führt zu einer neuen Form des intelligenten Tisches.

Dieser intelligente Tisch sollte in der Lage sein, Informationen über die Sachen zu liefern, die auf ihm liegen. Dieses beginnt bei den Füßen des Benutzers, geht über den Füllstand eines

---

<sup>3</sup><http://www.microsoft.com/surface/whatissurface.aspx>

Glases bis zur Information, dass etwas vom Tisch genommen oder darauf abgelegt worden ist.

Einen möglichen Ansatz hat Edo Kriegsmann in seiner Bachelorarbeit über kaskadierbare berührungssensitive reaktive Flächen mit Objektidentifizierung entwickelt. In seiner Arbeit entstanden Module mit je vier kapazitiven Sensoren und vier RFID-Readern. Diese können über ein Bussystem mit einander verbunden werden und damit eine größere Fläche abdecken. Als Reaktives Element verbaute Edo Kriegsmann zusätzlich RGB-LEDs. Da die verwendete Technik lediglich Schwellwertüberschreitungen über der Elektrode misst, ist sie auf die Erkennung von Gegenständen reduziert (vgl. [Kriegsmann, 2010](#)). Hier könnte das System noch verfeinert werden. Mit dem in Kapitel 3.3.3 vorgestellten Sensoren könnte auch der Füllstand eines Glases über den Elektroden gemessen werden. Zu diesem Zweck könnte der Aufbau von Raphael Wimmer et. al. aus ihrer Arbeit „CapTable and CapShelf - Unobstrusive Activity Recognition Using Networked Capacitive Sensors“ eingesetzt werden, der in Abbildung 4.14 (vgl. [Wimmer u. a., 2007b](#), Seite 2f) gezeigt wird. Dort ist auch ein Beispiel für die Erkennung des Füllstandes in einer Flasche zu finden.

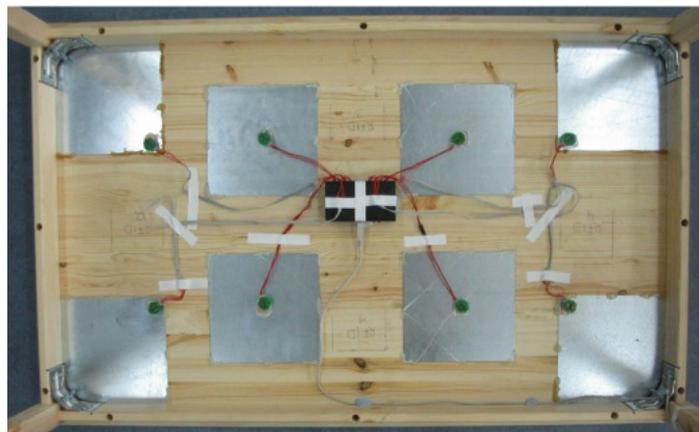


Abbildung 4.14: CapTable:Quelle [Wimmer u. a. \(2007b\)](#)

Ein anderer Ansatz baut darauf auf, dass jedes Objekt, welches auf den Tisch gelegt wird, eine bestimmte Stelle des Tisches mit dem Gewicht des Objektes belastet. Dabei unterscheiden sich das Gewicht der Gegenstände und die Folgen der Belastung des Tisches an einer bestimmten Stelle. Die Belastungsänderung an einer bestimmten Stelle lässt darauf schließen wie und wo Gegenstände auf den Tisch gelangen. Diese Schlussfolgerungen ermöglichen die Erkennung verschiedener Dinge, die beispielhaft in folgenden Szenarien dargestellt werden.

In Kombination mit dem in Kapitel 4.3 beschriebenen intelligenten Teppich, bietet ein Tisch viele Möglichkeiten. Eine Möglichkeit eine Kaffeetasse auf dem Tisch zu erkennen bietet die

Kontexterkennung. War die Kaffeemaschine an und der Bewohner bewegte sich anschließend zum Sofa? Wurde der Tisch mit einem Gewicht belastet, dass zu der Kategorie einer gefüllten Tasse passt? War der Bewohner zu dem Zeitpunkt direkt auf dem Weg zum Tisch? Dann lässt sich daraus ableiten, dass sich auf dem Tisch eine Kaffeetasse befindet. Weitere Indizien bieten das häufige Verschwinden des Gewichtes, welches anschließend wieder erscheint und etwas leichter ist. In diesem Fall kann daraus geschlossen werden, dass etwas getrunken wurde. Offensichtlich befindet oder befand sich in dem Gegenstand ein Getränk.

Über die Information „die Tasse wird aufgehoben“, „die Tasse ist leer“ und „der Arbeitstag ist noch lang“ könnte die Kaffeemaschine frühzeitig angewiesen werden, neuen Kaffee zu kochen. Alternativ könnten die gesammelten Vermutungen über die Kaffeetasse helfen, den Nutzer beim Suchen der Kaffeetasse zu unterstützen. Die intelligente Wohnumgebung kennt die Position.

Auch eine Sturzerkennung ist mit einem solchen Tisch denkbar. Registriert der Tisch an einer Seite eine extreme plötzliche Belastung, die zum Rand hin abfällt, so ist die Wahrscheinlichkeit eines Sturzes groß. Dieses Ereignis könnte mit anderen Sensoren abgeglichen werden, was die Plausibilität erhöht. Auch kleine Kinder, die ihre anfänglichen Gehversuche am Tisch stützen, könnten auf diese Art erkannt werden.

Wiederkehrende Gewichte könnten auf ihre Einzigartigkeit hin überprüft werden. So könnten beispielsweise die Beine eines Nutzers erkannt werden, der regelmäßig die Füße zum entspannten Fernsehgucken auf den Tisch legt.

## Implementierung

Mithilfe der im Vorlauf und in der Implementierungsphase zu dieser Arbeit ausgesuchten Sensoren ist die oben genannte Art der Sensorik leicht zu implementieren. Sowohl eine kapazitive Tischfläche als auch die beschriebene gewichtssensitive Oberfläche können gebaut werden. Wie soll im Folgenden dargestellt werden.

Für die Nutzung kapazitiver Sensoren gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder kommt das in Kapitel 3.3.3 beschriebene CapSense zum Einsatz oder ein anderes beliebiges System wie beispielsweise das oben genannten System von Edo Kriegsmann aus seiner Arbeit [Kriegsmann \(2010\)](#). Interessanter scheint hier die Wahl der Elektroden. Während das System von Herrn Kriegsmann Sensorflächen vorgibt, die bequem unter der Tischoberfläche montiert werden können, müssten diese beim CapSense System erst gefertigt werden. Hinzu kommt der Kabelaufwand beim CapSense System. Dafür erlaubt das CapSense den flexibleren Einsatz der Elektroden. Damit ermöglicht es nicht nur die Nutzung einfacher Metallflächen, sondern zusätzlich den Einsatz möglicher leitender Beschichtungen.

Diese leitenden Beschichtungen können beispielsweise in und auf Isolierglas gefunden werden, alternativ können sie in Form von Folien aufgebracht werden. Damit wird den kapazitiven Sensoren der Bereich der Multitouch Tische wie dem oben genannten Surface 2 eröffnet, der auf einem optischen Verfahren beruht. Es sollte getestet werden, ob eine dünne, transparente, leitfähige Folie die Eigenschaften des Multitouch Gerätes negativ beeinflusst. Tut sie es nicht, stehen alle Möglichkeiten der kapazitiven Technologie in diesem Bereich als Ergänzung offen. Damit ist die Erkennung von um den Tisch sitzenden Personen möglich, was eine genauere Interaktion mit diesen Nutzern ermöglicht.

Besonders interessant scheint hier eine einfache Form des Verfahrens, welches beim Diamond Touch System verwendet wird. Steht oder sitzt der Nutzer auf der Elektrode, kann er bei Berührung der kapazitiven Oberfläche eindeutig identifiziert werden (vgl. [Dietz und Leigh, 2003](#), Seite 5f).

Alternativ könnte ein intelligenter Tisch an den Seiten mit Elektroden versehen werden, die eine Annäherung aus einer Richtung detektieren und somit die Information wiedergeben, dass jemand an der Position steht. Diese Information ist weniger genau, kann dafür mit den bestehenden Technologien, die in Kapitel 3.3.3 beschrieben wurden sehr einfach implementiert werden.

Die Nutzung von Kraftsensoren, wie sie die Basis für den Balancesensor aus 3.3.2 darstellen, ermöglicht ein einfaches Array aus kraftsensitiven Kacheln. Das erlaubt eine genaue Zuordnung der Position und Messung des Gewichtes eines Gegenstandes. Dafür hat dieser Ansatz den Nachteil, dass er mechanisch sehr aufwändig ist und eine potentiell unebene Oberfläche erzeugt.

Der Einbau eines Balancesensors, wie er in Kapitel 3.3.2 beschrieben und im intelligenten Stuhl aus Kapitel 4.2 verwendet wird, kann ebenfalls zur Informationsgewinnung bei einem Tisch genutzt werden. Dieser Ansatz bietet den Vorteil, dass kein elektrisches Feld über dem Tisch ausgebreitet wird was Vorteile bei der Akzeptanz in Haushalten bedeutet.

Je nachdem an welcher Stelle Gegenstände auf den Tisch gelegt werden, entsteht ein Ungleichgewicht, welches den Schwerpunkt verschiebt. Ein Beispiel wird in Abbildung 4.15 gezeigt. Werden nacheinander das Buch, die Tasse und die Beine auf den Tisch gelegt, verändert sich der Schwerpunkt der Tischoberfläche drei Mal. Je nachdem wie schwer die Gegenstände sind, wird der Schwerpunkt sich mehr oder weniger bewegen.

Das rote Buch wird den Schwerpunkt nach links vorne verschieben. Wird anschließend die braune Tasse auf den Tisch getan, wird sich der Schwerpunkt ein wenig in die Richtung korrigieren. Aufgrund der Gewichtsunterschiede bleibt ein Ungleichgewicht. Wird eines der Gegenstände entfernt, verschiebt sich der Schwerpunkt erneut. Wichtig ist hierbei, dass sich das Ungleichgewicht um den umgekehrten Wert ändert, mit dem das Ungleichgewicht entstanden ist. Wird das Buch vom Tisch genommen, verschiebt sich der Schwerpunkt um den

gleichen Wert zurück, um den er sich verschoben hat, als das Buch auf den Tisch kam. Somit ist es möglich das Entfernen des Buches zu erkennen, obwohl bereits mehrere Gegenstände auf den Tisch gelegt wurden.

Schwierigkeiten können sehr große Gewichte, wie die blau dargestellten Beine eines Nutzers bereiten. Diese sorgen für ein so großes Ungleichgewicht, dass die Verstimmungen des Tisches durch die deutlich kleineren Gegenstände untergehen könnten.

Diesem Problem kann mit sensitiveren Sensoren begegnet werden. Da die Sensoren aus haushaltsüblichen Waagen meist eine Auflösung von 100 Gramm haben, sollte hier möglicherweise auf professionelle Sensoren aus der Industrie ausgewichen werden.

Ein weiteres Problem entsteht, wenn Objekte verschoben werden, während sie auf dem Tisch liegen. In diesem Fall ist es deutlich schwieriger eine klare Zuordnung zu erhalten. Im schlimmsten Fall gehen alle Informationen über die auf dem Tisch befindlichen Gegenstände verloren.

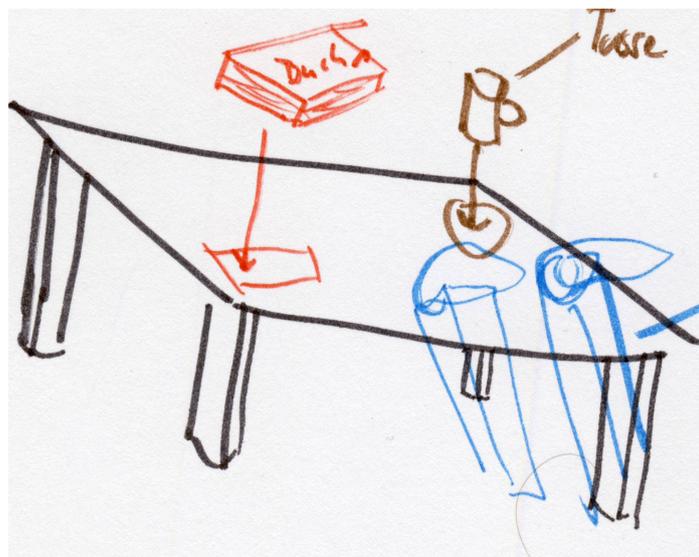


Abbildung 4.15: Tisch, belegt mit unterschiedlichen Gegenständen, Gewichtsunterschiede sagen was noch drauf ist

## 4.4 Intelligentes Bett

Das intelligente Bett ist in Zusammenarbeit mit Frank Hardenack entstanden und dient als Basis für seine Masterarbeit. Seine Idee besteht darin mit Hilfe von Sensoren innerhalb des Bettes, Rückschlüsse auf das Schlafverhalten eines Nutzers ziehen zu können. Zu diesem

Zweck hat er sich mit der Schlafforschung auseinandergesetzt und seine Ergebnisse in seiner Ausarbeitung für das Masterseminar 1 zusammengefasst (vgl. [Hardenack, 2009](#)).

In seiner Masterarbeit macht sich Frank Hardenack die Eigenschaften des menschlichen Schlafes zunutze. In seiner Arbeit beschreibt er, dass der menschliche Schlaf in Phasen eingeteilt werden kann. Es gibt Tiefschlafphasen in denen Menschen sich nicht bewegen und aus denen sie nur sehr schwer aufwachen und Leichtschlafphasen in denen Menschen sich bewegen und besser aufgeweckt werden können.

Mithilfe der Sensoren innerhalb des Bettes und maschinellen Lernverfahren versetzt Frank Hardenack ein intelligentes Bett in die Lage, die Wohnumgebung darüber zu unterrichten, in was für einer Schlafphase sich der Bewohner befindet. Dieses ermöglicht weiteren Systemen eine bessere Unterstützung des Bewohners. So kann ein intelligenter Wecker, wie er von Jens Ellenberg bearbeitet wird, diese Informationen nutzen und mit anderen verbinden (vgl. [Ellenberg, 2010](#)). Ein Szenario des Weckvorgangs lässt sich wie folgt beschreiben.

Der Wecker hat verschiedene Informationen. Er weiß wie viel Zeit der Bewohner zum morgendlichen Aufstehen benötigt. Wie lange der Bewohner im Bad ist, wie lange er frühstückt und wie viel Zeit er braucht, bis er bereit ist, das Haus zu verlassen. Über das Internet bekommt der intelligente Wecker Informationen über das Wetter, Verkehrsstaus und den Fahrplan der Bahn. Routenplaner ermöglichen dem Wecker die Zeit abzuschätzen, die der Bewohner benötigt, um zu einem Termin zu erscheinen. Der Terminkalender des Benutzers ist dem intelligenten Wecker bekannt.

Aus diesen Informationen berechnet der intelligente Wecker einen Zeitpunkt mit genügendem aber nicht zu großen Puffer, damit der Bewohner seinen Termin gut wahrnehmen kann und rechtzeitig geweckt wird. Die zusätzliche Information über die Leichtschlafphase des Bewohners kann mit diesem fixen Aufstehzeitpunkt verarbeitet werden. So ist der Wecker in der Lage den Nutzer zehn Minuten früher zu wecken, da er weiß, dass sich der Nutzer gerade in einer Phase befindet, in der er gut geweckt werden kann. Gibt es keine passende Leichtschlafphase zum schonenden Wecken des Benutzers, bleibt noch immer der berechnete Weckzeitpunkt. In vielen Fällen kann dem Bewohner jedoch ein angenehmerer Start in den Tag ermöglicht werden.

Für die Umsetzung der Sensoren für das intelligente Bett wurden die Latten eines Lattenrostes mit Alu- und Gewebeklebeband ergänzt. Das Aluklebeband dient hierbei als Elektrode und Schirmung. Gemessen wird der Abstand zwischen Schirm und Elektrode, der sich mit dem Durchbiegen der Latten verändert. Auf Grund der hohen Kapazitäten muss für diesen Sensor einer der professionellen kapazitiven Sensoren von RSI oder RodeMon eingesetzt werden. Der Sensor bietet eine erstaunlich gute Leistung, so dass beim Testen des Prototyps nicht nur Umdrehereignisse, sondern sogar die Atmung von Menschen, die auf dem Bauch liegen sichtbar gemacht werden konnte. Durch die Modifizierung des Lattenrostes und der kompletten Schirmung der Elektrode ist bei diesem Sensor gewährleistet, dass das

elektrische Feld sich nicht in das Bett hinein erstreckt. Damit sollten etwaige gesundheitliche Bedenken ausgeschlossen sein (vgl. [Hardenack, 2010b](#), Seite 4ff).

## 4.5 Intelligentes Sofa

Beim Sofa handelt es sich um das zentrale Möbelstück einer Wohnumgebung, welches in den meisten Fällen am stärksten frequentiert wird. Diese Frequentierung macht das Sofa besonders attraktiv für die Gewinnung von Informationen. Anders als beim intelligenten Stuhl lässt die Ausrichtung des Sofas keine Rückschlüsse auf die Wünsche oder Tätigkeiten des Benutzers zu, da diese nur sehr selten geändert wird. Die Größe der Sitzfläche erschwert zudem das Erkennen einer genaueren Sitzposition, da nicht definiert werden kann, an welcher Stelle der Nutzer sich niederlassen wird. Diese Freiheit erschwert das gezielte Platzieren von Sensoren.

Verglichen mit einem Sessel oder Stuhl, erschwert die Größe eines Sofas die Erkennung seiner Nutzung. Die Sensoren müssen eine größere Fläche abdecken, wobei nicht definiert ist, wo ein Nutzer sich nieder lassen wird. Dennoch ähneln viele Arten auf einem Sofa zu sitzen denen des Sessels. Ein Nutzer kann sich gerade hinsetzen, um beispielsweise die Nachrichten zu verfolgen, er kann sich jedoch auch an die Seitenlehne lehnen, um gemütlich ein Buch zu lesen. Hinzu kommen neue Möglichkeiten. Viele Menschen legen sich auch auf das Sofa, um Musik zu hören oder Mittagsschlaf zu halten. Kinder nutzen das Sofa gerne als Trampolin oder Kletterfläche. Einen weiteren Unterschied stellt die Möglichkeit dar, dass sich zum gleichen Zeitpunkt mehr als ein Mensch auf dem Sofa aufhalten kann. Dabei ist nicht einmal definiert, dass zwei Personen gleichzeitig auf dem Sofa sind. Es könnten auch ein Mensch und ein Tier sein. Auch Gegenstände können die Art des Sitzens beeinflussen, wenn beispielsweise ein Koffer auf das Sofa gestellt wird und als Armlehne beim Lesen genutzt wird.

Die oben genannten Nutzungsmöglichkeiten stellen für intelligente Wohnumgebungen interessante Informationen dar. Aus diesen Informationen lassen sich Daten generieren, die für die Kalibrierung oder Ausrichtung unterschiedlicher Systeme genutzt werden können. Zusätzlich lässt sich aus den Informationen über die Art der „Belegung“ des Sofas unterschiedlicher Kontext ableiten.

### 4.5.1 Szenarien

Für die Information aus der genauen Position des Benutzers lassen sich verschiedene Anwendungsbereiche ableiten. Das in Kapitel [2.2.2](#) beschriebene Living Place Hamburg ist ein

Ort, an dem sehr viele unterschiedliche Sensorarten zum Einsatz kommen. Eine gelegentliche Überprüfung der Positionsinformationen im laufenden Betrieb wäre eine Möglichkeit, die Qualität der Sensorinformationen zu erhöhen. Ist die Position des Sofas bekannt und in einem Modell genau hinterlegt, können beispielsweise die aus Kameras gewonnenen Positionsinformationen über den Benutzer mit der Information aus dem Sofa verglichen werden. Da diese Positionsangaben übereinstimmen müssen, kann im Falle einer Abweichung entweder eine Kalibrierung der Kamera erfolgen oder eine Nachricht an den Benutzer oder eine Wartungsfirma erfolgen. Dank dieser Nachricht kann der Fehler anschließend behoben werden.

Ein weiteres Szenario ist die intelligente Leselampe. Bei diesem Szenario ist der Wohnraum in eine Wohlfühlatmosphäre beispielsweise mit gedämpften Licht getaucht. Die Aktivierung eines Sensors im Bücherregal oder das Starten eines eBooks geben der intelligenten Wohnumgebung die Information darüber, dass der Bewohner ein Buch lesen möchte. Setzt sich der Bewohner auf das Sofa, ist sowohl seine Intention als auch seine Position bekannt. Damit existiert beispielsweise ein bekannter Kontext „lesen“ in dem definiert ist, dass die Lautstärke der Musik einen bestimmten Wert nicht übersteigen darf und der Nutzer Licht an seiner Position benötigt. Die intelligente Wohnumgebung regelt die Musik langsam auf das erlaubte Maß hinunter und erhellt die Position des Nutzers, damit dieser eine augenschonende Leseumgebung hat.

Die gleichen Informationen, wie eine intelligente Leselampe könnte eine intelligente Audioanlage verwenden. Ein Problem heute gängiger 5.1 und 7.1 Anlagen ist die Kalibrierung der Lautsprecher auf den Zuhörer. Das Ziel ist hierbei den relativ kleinen Bereich den der Ton aller Lautsprecher zur gleichen Zeit erreicht („sweet spot“) durch Regulierung und Ausrichtung der Lautsprecher auf den Zuhörer auszurichten. Ein intelligentes Sofa kennt die Position des Zuhörers, womit es der Wohnumgebung ermöglichen kann, die Tonanlage entsprechend auszurichten.

Die genaue Kenntnis über die Position des Nutzers kann, neben der Unterstützung von Freizeitaktivitäten, für die geschickte Initiierung von Routinearbeit genutzt werden. Hat die intelligente Umgebung ermittelt, dass der Bewohner, sich im Wohnzimmer befindet und die Person den Raum mit großer Wahrscheinlichkeit für einen definierten Zeitraum nicht verlassen wird, können andere Räume gelüftet werden. Hier spielt das Zusammenspiel zwischen Kontext- und Positionserkennung eine besondere Rolle, da „Erinnerungen“ stabilere Vorhersagen über den Bewohner ermöglichen. Weiß das System, dass der Nutzer sieht einen Film von DVD sieht und kürzlich im Bad war, dann weiß es gleichzeitig, dass er in den nächsten 30 Minuten an seinem Platz verweilen wird.

Befinden sich Haustiere in der Familie des Bewohners, besteht die Gefahr, dass diese das Sofa verschmutzen oder beschädigen. Daher ist es oft unerwünscht, dass diese Tiere das Sofa nutzen. Hier könnte ein intelligentes Sofa ein Betreten durch Haustiere erkennen. Diese

Erkennung ermöglicht die Weitergabe der Information an die Wohnumgebung oder das Einleiten eigener Aktionen, die dafür sorgen, dass das Tier sich auf dem Sofa weniger wohlfühlt und es daher verlässt.

Eine Präzisierung der Positionsinformation ist die Information über Position und Fläche, die ein Nutzer des Sofas belegt. Diese erlauben eine sicherere Aussage über die Art des Sitzens. Bewegt sich der Nutzer viel? Sitzt er stets still? Liegt der Nutzer? Sitzen zwei Personen dicht bei einander?

Wird die Positions- und Flächeninformation zusätzlich um eine feingranulare Gewichtsinformation, ähnlich Abbildung 3.1 ergänzt, könnten die meisten Geschehnisse auf dem Sofa sehr genau interpretiert werden.

Ein feines Netz an Kraftsensoren, wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben, würde eine Unterscheidbarkeit verschiedenster Dinge zulassen. Anhand von charakteristischen „Abdrücken“ könnten Taschen von Menschen, Kinder von Erwachsenen, Tiere von Stofftieren etc. unterschieden werden. Dabei kommt auch die zeitliche Abfolge der Abdrücke einer genauen Zuordnung zu Gute. So könnte überprüft werden, ob eine Katze ein anderes Bewegungsprofil hinterlässt als ein Hund oder ein Hase.

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit der Frage, welche Positionsinformationen sich mit den in Kapitel 3.3 gewinnen lassen. Dabei muss aus Kostengründen auf eine Lösung mit den sehr guten Sensor Matrizen aus Kapitel 3.3.1 verzichtet werden. Diese Sensorlösungen wären eine gute Basis für eine Referenzimplementierung gewesen.

## 4.5.2 Ähnliche Arbeiten

Im Artikel „Intelligent Furniture and Their Ubiquitous Use Scenarios“ beschreibt eine Finnische Gruppe ein von ihr entwickeltes Sofa, wie es auch für diese Arbeit angedacht war. Ziel der Gruppe war ein flexibles Servicekonzept, welches eine Interaktion zwischen der Umgebung und dem Nutzer ermöglicht. Für die Interaktion mit dem Nutzer waren unter anderem Sensoren im Sofa vorgesehen (vgl. [Kivikunnas u. a., 2010](#), Seite 2f).

Zur Erkennung einer Person wurden sechs Elektroden eingesetzt, die jeweils eine Größe von 5x20 cm hatten. In dem umgesetzten Sofa mit zwei Sitzen wurden jeweils eine Elektrode im Rücken, Sitz und Fußbereich montiert. Zur Verbesserung der Messergebnisse aus den kapazitiven Sensoren wurde unter dem linken Sitz eine geerdete Platte befestigt. Das Resultat zeigt Abbildung 4.16 aus der oben genannten Arbeit.

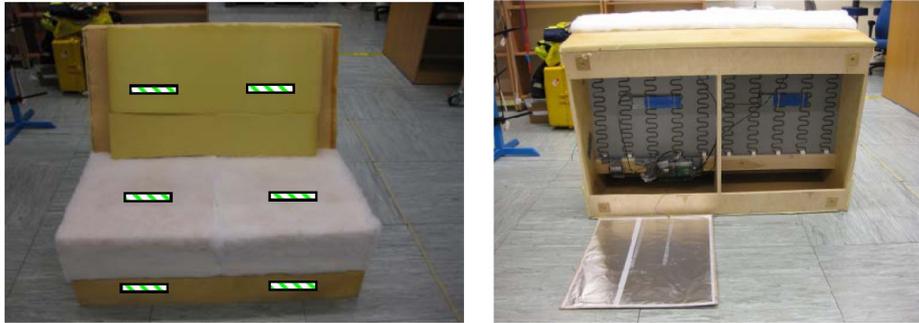


Abbildung 4.16: Sofa mit kapazitiven Sensoren, Quelle: (Kivikunnas u. a., 2010, Seite 4)

### 4.5.3 Abgrenzung zu ähnlichen Arbeiten

Die Erweiterung für das Sofa dieser Masterarbeit geht über den einfachen Aufbau hinaus. Diese Erweiterungen bestehen aus verschiedenen Teilen. Beim Einsatz kapazitiver Sensoren soll eine Möglichkeit zur Abschirmung des Nutzers vor dem elektrischen Feld der Elektroden erprobt werden. Wie beim intelligenten Bett aus Kapitel 4.4 sollen mit der Abschirmung möglichen Bedenken gegenüber der Technik entgegengewirkt werden.

In dieser Masterarbeit wird gerade beim intelligenten Sofa davon ausgegangen, dass eine Sensormatrix aus Kraftsensoren eine ideale Basis darstellt. Darum soll neben dem sehr einfachen Konzept hinter kapazitiven Sensoren überprüft werden, ob und wie gut eine kleinere Sensormatrix funktionieren kann. In Zusammenarbeit mit Ann-Kathrin Weiss konnte hierzu der in Kapitel 3.3.4 vorgestellte Eigenbau einer Sensormatrix realisiert werden.

Schließlich soll überprüft werden, ob und wie der in Kapitel 3.3.2 vorgestellte Balancesensor in einem Sofa funktionieren kann.

Der Einsatz und die Umsetzung dieser Sensoren wird im Folgenden beschrieben.

### 4.5.4 Entwickelter Prototyp

Die Entwicklung der Sensorprototypen für das intelligente Sofa nahm einen großen Teil der Zeit für diese Arbeit in Anspruch. Die Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben.

Als Grundlage für das intelligente Sofa diente ein konventionelles Sofa. Ursprüngliche Ideen die Federn von Sofas mit Federkern für die Erkennung von Sitzpositionen nutzen, wurde verworfen.

Die Nutzung der in Kissen mit Federkern vorhandenen Möglichkeiten stellt weiterhin einen sinnvollen Weg dar. Für diese Masterarbeit im Fach Informatik überwiegen jedoch die Nachteile, da die notwendigen mechanischen Konstruktionen nicht in das Fachgebiet passen. Für die Messung der Veränderungen der Federn müssten spezielle mechanische Elemente entwickelt werden. Das Risiko, dass die dabei entstehenden Konstruktionen den Anforderungen nicht genügen oder Schwierigkeiten mit Abrieb oder Staubentwicklung entstehen, ist zu groß und bewegt sich zu weit außerhalb der Informatik. Darum wurde die Suche nach Lösungen auf mechanisch einfachere Sensoren beschränkt.

Durch das Aufgeben der Federn aus Federkernsofas, entstanden neue Anforderungen an das Sofa. Eine Vorgabe war, dass ein neu erworbenes Sofa nicht beschädigt werden sollte. Diese Einschränkung bedeutete, dass weder Bohrungen noch Schnitte in Bezüge erlaubt waren. Aus diesem Grund wurde ein Sofa gekauft, welches über frei liegende, entfernbare Kissen in Sitzfläche und Rückenlehne verfügt. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass die Bezüge alle entfernbar sind. Damit ist es möglich das Sofa komplett zu entkernen und so Sensoren zu integrieren.

Gleichzeitig bedeutet diese Einschränkung, dass die im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Sensoren in Bestandsmöbel integriert werden können. Damit ist generell eine Nachrüstbarkeit gegeben, die in [3.1](#) auf Seite [25](#) als sehr nützlich beschrieben wurde.

Die gefundenen Lösungen für Sensoren in intelligenten Sofas zeigt Kapitel [3.3](#). Im Folgenden werden Anordnung und gewonnene Informationen dieser Sensoren im gefertigten Sofa Prototypen gezeigt.

Begonnen wird mit der Beschreibung mit kapazitiven Sensoren, die als erstes erprobt wurden. Anschließend werden die Ergebnisse aus der in Kapitel [3.3.4](#) vorgestellten Sensor-matrix vorgestellt und mögliche Erweiterungen beschrieben. Der darauf folgende Abschnitt beschreibt die Überlegungen zum Einsatz des Balancesensors. Als letztes wird der Einsatz des in Kapitel [4.1](#) vorgestellten kapazitiven Sensornetzes evaluiert, welches aus Zeitgründen leider nicht mehr umgesetzt werden konnte.

## **Nutzung Kapazitiver Sensoren**

Die günstigen Eigenschaften beim Einsatz kapazitiver Sensoren in kontextsensitiven, intelligenten Möbeln wurde in den vorherigen Kapiteln erläutert.

Bei der Entwicklung des Prototypen stand die Frage der Anordnung im Vordergrund. Die Anordnung der Elektroden spielt eine große Rolle bei der Erkennung von Sitzpositionen. Ein erster Prototyp sah die Anbringung einer großen Elektrode aus Stahlblech hinter den Sitzkissen und unter der Sitzfläche des Sofas vor. Dabei sollte eine ähnliche Elektrode zum Einsatz kommen, wie sie in Museen eingesetzt wird. Bei diesem Standardaufbau wird die

Elektrode so abgeschirmt, dass sie ausschließlich Veränderungen wahrnimmt, die vor der Elektrode passieren.

Dabei ist schnell aufgefallen, dass auf die Elektrode unter dem Sitzkissen verzichtet werden kann. Die Elektrode im Sitzkissen bietet keinen Mehrwert gegenüber der Elektrode in der Rückenlehne, da die Elektrode in der Rückenlehne bereits Veränderungen in über einem Meter Entfernung erkennen kann.

Neben der Reduktion der Kosten durch den Verzicht auf diese Elektrode, ergab das Entfernen der Elektrode eine geringere Gefahr gegenseitiger Störungen. Diese Störungen treten auf, wenn zwei elektrische Felder ineinanderragen. Um auch in diesem ungünstigen Fall sinnvolle Messwerte zu empfangen, kann bei den professionellen Geräten von RodeMon und RSI die Frequenz des Schwingkreises verändert werden. Dennoch ist es besser, diesen Fall bei der Konstruktion auszuschließen, da so einfachere Sensoren genutzt werden können und der Installationsaufwand sinkt. Im Falle des vorliegenden Sofas bestand ein weiteres Vorteil aus den Gegebenheiten des Sofas. Hier ist die Auflage der Sitzkissen mit Federkern bestückt, um den Sitzkomfort zu erhöhen. Dieser Sitzkomfort ging bei der Montage einer Elektrode unter dem Sitz verloren.

Weiterhin sinnvoll ist die Montage der Elektroden in dem Fußbereich, wie es Sauli Kivikunnas et. al. in [Kivikunnas u. a. \(2010\)](#) gemacht haben. Um eine Erkennung der Sitzposition zu ermöglichen ist es jedoch notwendig mehrere Elektroden für jeden Sitz zu montieren. Ein grobes Beispiel für diesen Aufbau zeigt [Abbildung 4.17](#). Der in der [Abbildung](#) gezeigte Aufbau ermöglicht nicht nur die Erkennung „ob“ eine Person auf dem Sofa sitzt. Das Bild oben rechts zeigt auch die Möglichkeit schräg sitzende Personen zu erkennen, also das „wie“ eine Person auf dem Sofa sitzt.

Dennoch ist die Anordnung der Sensoren in [Abbildung 4.17](#) ungünstig. Das Ergebnis mehrerer Versuche ergab, dass in der Rückenlehne zwei vertikal parallelliegende, circa 10 cm dünne Streifen deutlich besser sind. Unter Berücksichtigung der menschlichen Anatomie bewirkt dieser Aufbau im Idealfall eine sichere Erkennung von drei Positionen. Diese Sitzpositionen sind: links, mittig und rechts. Bei der Erkennung wird ausgenutzt, dass der Rücken eines Menschen eine breite Fläche bietet. Damit spricht immer mindestens ein Sensor an, wenn ein Mensch auf dem Sofa sitzt.

Im Bereich der Beine bringt eine andere Form der Elektroden bessere Ergebnisse. Da Beine relativ dünn sind, ist es hier von Vorteil, wenn zwei oder mehr Elektroden einen breiten Bereich abdecken. Mit dem breiteren Bereich ist es immer möglich, mindestens eines der Beine zu detektieren, womit eine Sitzposition erkannt wird. Ein Beispiel für die Anordnung der Sensoren zeigt [Abbildung 4.18](#).

Für den Prototypen wurde in diesem Fall von den Elektroden für Erkennung der Beine abgesehen, da im Verlauf der Masterarbeit ein Bestellen weiterer CapSense-Sensoren nicht mehr

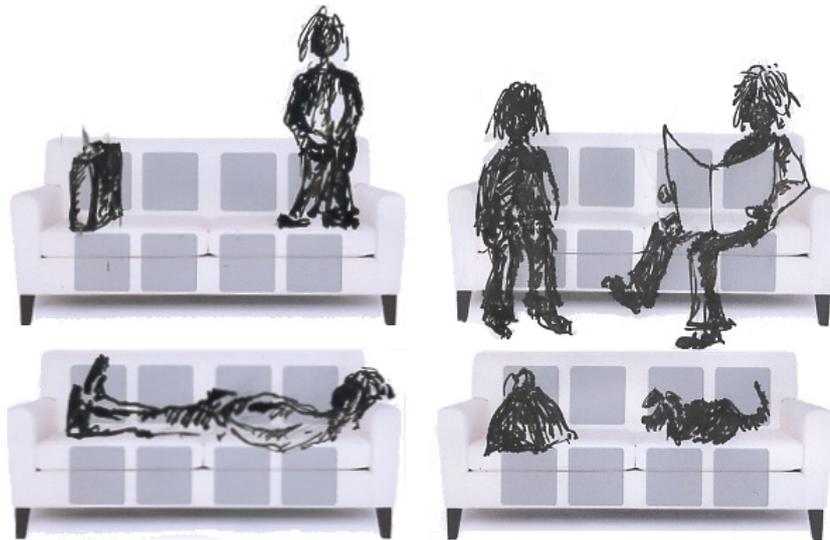


Abbildung 4.17: Mögliche Sitzpositionen

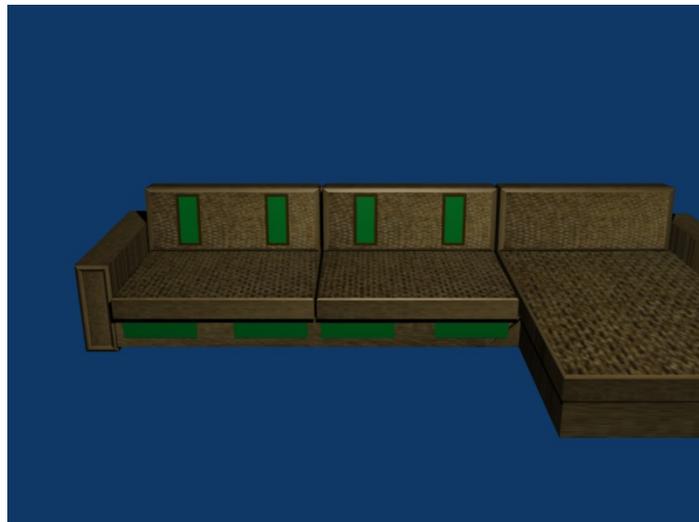


Abbildung 4.18: Anordnung kapazitiver Sensoren (in grün dargestellt)

möglich war. Diese sollten für die oben beschriebenen Aufbauten genutzt werden. Alternativ wurde der in Kapitel 4.1 beschriebene und im Rahmen dieser Arbeit gefertigte intelligente Teppich verwendet. Dabei wurden anstelle der vier Elektroden im Beinbereich, (siehe Abb. 4.18) vier nebeneinander liegende Elektroden im Teppich an das System angeschlossen. Das funktioniert, da die Elektroden im Teppich so ausgelegt sind, dass ein Fuß auf dem Teppich immer mindestens eine Elektrode berühren muss.

Aus dieser Lösung ergibt sich der Vorteil des geringeren elektrischen Feldes im Wohnraum. Dieser Vorteil ist in Kapitel 4.1 beschrieben. Nachteil dieser Lösung ist, dass das Sofa auf diese Weise nicht mehr als eigenständiges Möbelstück im Raum stehen kann, sondern einen modifizierten Teppich als Unterstützung benötigt.

Da im zeitlichen Rahmen dieser Arbeit keine weiteren kapazitiven Sensoren beschafft werden können, ist die Mitbenutzung des Teppichs sinnvoll. So können die vorhandenen Sensoren leichter gewechselt werden, womit optional der Prototyp des intelligenten Teppichs oder die vollständige Sitzpositionserkennung vorgeführt werden kann.

Durch die Kooperation mit Ann-Kathrin Weiss aus dem Studiengang Bekleidung- Technik und Management vom Department Design konnte der Prototyp aus Stahlblech durch eine elegantere Version ersetzt werden. Im Rahmen ihrer Bachelorarbeit hat Ann-Kathrin Weiss den Ansatz kapazitive Sensoren aus elektrisch leitenden Stoffen zu fertigen aufgegriffen. In Zusammenarbeit mit Ann-Kathrin Weiss entstanden so wasch- und auswechselbare Kissenbezüge mit integrierten Sensoren.

Die Integration der kapazitiven Sensoren in Kissen löste das Problem der in Kapitel 4.5.3 geforderten Schirmung. Experimente eine Schirmung der kapazitiven Sensoren ohne sauber genähte Ummantelung führten meist zu ungünstigen Ergebnissen. Entweder war die Schirmung unzureichend oder das Material zu beweglich. Das bewegliche Material stellt das größte Problem in Verbindung mit kapazitiven Sensoren dar. Durch die Bewegungen im textilen Material werden bereits Annäherungen detektiert, die auf die Bewegung der Hand und dem damit verbundenen Luftzug, zurückzuführen sind. Steht ein Sofa im Zug eines offenen Fensters gäbe es so bereits Fehlalarme.

Durch die Integration der Sensoren in einen festen Kissenunterbezug und Verklebung von unterschiedlichen textilen Materialien, konnte Ann-Kathrin Weiss diese Herausforderungen lösen.

Durch die komplette Schirmung der kapazitiven Sensoren verlieren diese die Möglichkeit, die direkte Annäherung des Menschen zu detektieren. Anstelle des Menschen wird die Annäherung der Schirmung an die Elektrode erkannt. Dieses System funktioniert in einem Kissen gut, da das Kissen den Bewegungen des Menschen folgt und beim Aufstehen in eine ursprungsnahe Form zurückfällt.

Der Nachteil besteht darin, dass die Sensoren die Möglichkeit verlieren, eine Annäherung des Menschen oder eines Tieres an das Sofa zu erkennen. Zu diesem Zweck wurden die Kissenbezüge so gestaltet, dass die vordere Fläche von den fünf übrigen Seiten elektrisch isoliert ist. So ist es möglich, die vordere Fläche wahlweise als Elektrode oder Schirmung zu nutzen. Die dahinter liegende Idee ist, über die sehr große Vorderfront des Sitzkissens Annäherungen zu detektieren. Sobald ein Mensch oder Tier erkannt ist, wird die vordere Fläche auf Schirmung geschaltet und auf das Eindringen des Kissens gewartet. Tritt dieses Ereignis nicht ein, wird die vordere Fläche wieder auf die Elektrode des kapazitiven Sensors geschaltet.

Auf diese Weise können Informationen darüber gesammelt werden, wann Menschen oder Tiere sich dem Sofa nähern. Gleichzeitig werden Menschen dem elektrischen Feld nur kurz ausgesetzt. Zusätzlich ist die große Kissenfläche für die Positionserkennung auf dem Sofa ungeeignet, da diese über die gesamte Kissenfront geht. Durch ihre Größe können jedoch sich nähernde Objekte schon bei einer Annäherung an das Sofa erkannt werden.

Nähere Informationen über Versuchsaufbauten und deren Ergebnisse finden sich in der Arbeit von Ann-Kathrin Weiss ([Weiss \(2011\)](#)). Die folgenden Abbildungen [4.19](#) bis [4.21](#) zeigen die Möglichkeiten der Positionsbestimmung von Personen auf dem Sofa.

Wie die Abbildungen zur Positionsbestimmung zeigen, sind Die notwendigen Algorithmen zur Erkennung der Sitzposition sehr einfach und können in Tabellen abgelegt werden. Dennoch erlauben sie eine ausreichend genaue Bestimmung der Position für die Ausrichtung der Audioanlage oder des Lichtes.

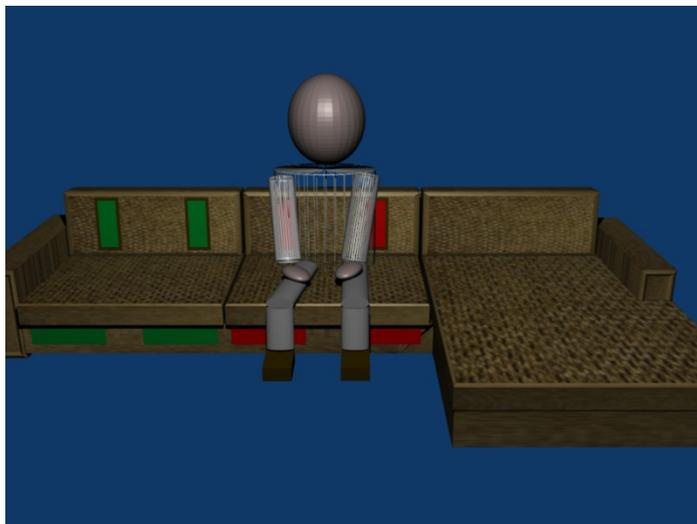


Abbildung 4.19: Person sitzt mittig: Alle vier Sensoren sprechen an

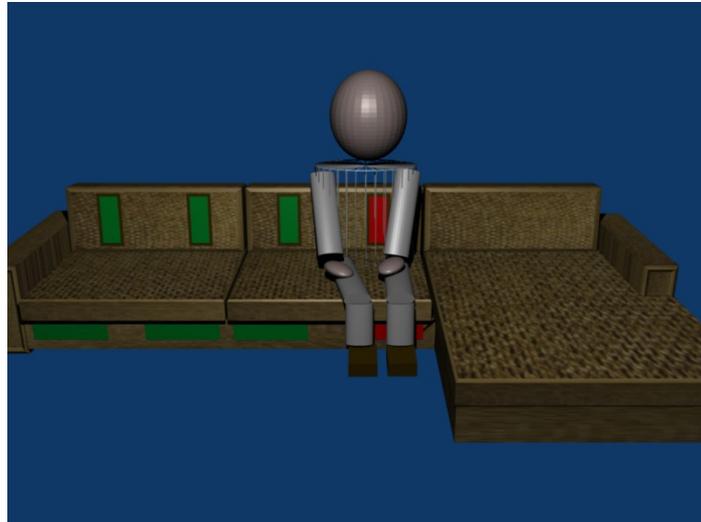


Abbildung 4.20: Person sitzt rechts: Nur die rechten Sensoren sprechen an

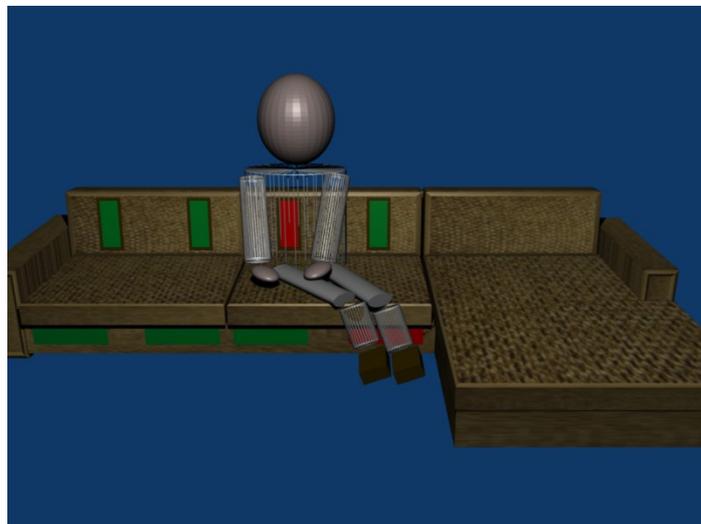


Abbildung 4.21: Person sitzt schief: Diagonale Sensoren sprechen an

Ein großer Vorteil der hier entstandenen Sensoren ist die völlige Unsichtbarkeit der Sensoren. Müssten keine Kabel zu den Kissen geführt werden, wären die Kissen mit den kapazitiven Sensoren nur sehr schwer zu erkennen. Auch beim Sitzkomfort gibt es keinerlei Beeinträchtigung. Damit stellt dieser Sensortyp eine geeignete Wahl für die Nachrüstung von Möbeln als Sensor in einer intelligenten Wohnumgebung dar.

Durch die Spezialisierung des Aufbaus auf das Erkennen der Position einer Person, ist der benötigte Algorithmus zur Positionserkennung sehr einfach. Es muss lediglich verglichen werden, welcher Sensor einen Kontakt meldet. Aus der Kombination aus Fuß- und Rückenelektrode lässt sich dann die Ausrichtung der Person ermitteln.

Bedingung für die Nachrüstung in bestehenden Wohnumgebungen sind bewegliche Rückenlehnen hinter oder in die die Sensoren platziert werden können. Die Sensoren für die Bestimmung der Beinposition können unter dem Sofa versteckt werden. Das sollte in den Meisten Fällen kein Problem sein, da Sofas in der Regel auf Füßen stehen.

Die Elektroden sind sehr robust und widerstehen sowohl Einstichen als auch Flüssigkeiten. Die Elektronik sollte jedoch gut geschützt unter dem Sofa montiert werden.

Der Nachteil der textilen Lösung liegt in dem relativ großen Fertigungsaufwand und den hohen Materialkosten. Das Material für ein Kissen beläuft sich auf Kosten von über 200 Euro. Hinzu kommen die kapazitiven Sensoren. Bei Nutzung einer zur Sitzfläche ungeschirmten Metallplatte verringern sich die Kosten um Faktor 10 auf 20 Euro. Werden diese Metallplatten bei der Konstruktion des Sofas berücksichtigt, können sie unsichtbar montiert werden. Bei einer Lösung mit „eingesperrten“ elektrischen Feld macht hingegen nur die textile Fertigung Sinn.

## **Nutzung der Eigenbau Sensormatrix**

Wie die oben genannte textile Ausführung der kapazitiven Sensoren, ist auch der Eigenbau einer Sensormatrix in Kooperation mit Ann-Kathrin Weiss entstanden. Die Idee für den Aufbau dieses Sensors kam aus den Veröffentlichungen von Hannah Perner-Wilson, welche eine deutlich einfachere Version unter ihrem Pseudonym Plusea im Internet veröffentlichte. Der Aufbau der Sensormatrix ist in Kapitel 4.1 und ausführlicher in der Bachelorarbeit von Ann-Kathrin Weiss beschrieben (Weiss (2011)). Im Folgenden sollen die Ergebnisse der Versuche mit dem Sensor nach dem Einbau im Sofa beschrieben werden.

Die im Rahmen dieser Masterarbeit und der Bachelorarbeit von Ann-Kathrin Weiss entstandene Sensormatrix sollte, im Rahmen dieser Masterarbeit, zwei Aufgabenstellungen lösen: „Baue eine sehr einfache und flache Sensormatrix“ und „Zeige die Möglichkeiten einer kostengünstigen, einfachen Sensormatrix“.

Aus Zeitgründen wurde die Anzahl der Sensoren auf 16 begrenzt. Damit wurde das Risiko eines am Ende unfertigen Sensors minimiert. Die Beschränkung auf 16 Sensoren machte die Hardware besonders einfach (siehe Kapitel 3.3.4). Gleichzeitig reduzierte die Beschränkung den Aufwand für die Fertigung des Sensors selber.

Die Entscheidung fiel auf die Umsetzung einfacher, unpräziser Kraftsensoren, da diese auch im schlechtesten Fall mehr Informationen liefern als Schalter. Der hier umgesetzte Aufbau ist mit der Implementierung von Tastern an Stelle von Kraftsensoren deutlich einfacher zu realisieren. Stellt sich bei der Nutzung dieses Prototyps heraus, dass die Information aus Tastern ausreichend wäre, kann in einem zweiten Schritt eine Matrix mit mehr Messpunkten in Form von Tastern gefertigt werden. Andernfalls kann der hier entstandene Prototyp ausgebaut werden, wobei zusätzliche Hardware notwendig wird.

Beim Aufbau der Sensorflächen wurden die einzelnen Kraftsensoren möglichst klein gehalten, da ihr Aufbau eine Folie enthält. Diese Folie kann sich durch mechanische Einwirkungen verformen oder reißen. Außerdem ist die Folie steifer, als das Textil, welches sie umgibt. Durch das Kleinhalten der Bereiche mit Folie konnte die mechanische (Zug-) Beanspruchung reduziert werden. Hier sollte ein besseres Material zum Ersetzen der Folie gesucht werden.

Als Sitzfläche für die Sensormatrix wurde die mittlere Position auf dem Sofa gewählt. Damit ist links und rechts genug Platz, um die Fläche teilweise und in verschiedenen Sitzrichtungen zu belegen. Einige Ergebnisse zeigen die Abbildungen 4.22 bis 4.24.

Die Farben geben eine Idee über das Gewicht der Person oder des Gegenstandes auf dem Sitz. Die Farben reichen von grün für unbelegt, über gelb für mittleres Gewicht, nach rot für hohes Gewicht.

Das Farbmuster als Ausgabe der Sensordaten lässt Rückschlüsse auf die Sitzposition zu. In den unten gezeigten Bildern sitzen die Probanden mit geschlossenen Beinen. Bei gespreizten Beinen wäre eine leichte V-Form zu erkennen. Auch stark schräg sitzende Personen können mit dem System trotz der geringen Auflösung erkannt werden.

Mit Hilfe der selbst gebauten Matrix aus einfachen Kraftsensoren können grobe Positionen gut erkannt werden, die für die Ausrichtung einer Audio-Anlage oder der Beleuchtung ausreichen. Die Algorithmen für die automatische Zuordnung sind aus Zeitgründen nicht mehr entstanden und bieten einen Ansatzpunkt für weitere Arbeiten.

Der Nach- und gleichzeitige Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Position anhand von Techniken aus der Bilderkennung ermittelt werden muss. Dadurch entsteht eine große Flexibilität bei der Interpretation der Sensorwerte, die besonders bei höheren Auflösungen durch die Zunahme an Informationen zum Tragen kommt.

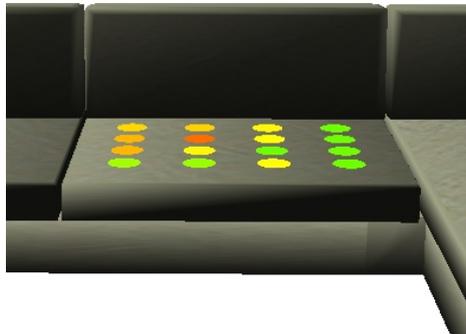


Abbildung 4.22: Schwere Person sitzt hinten links

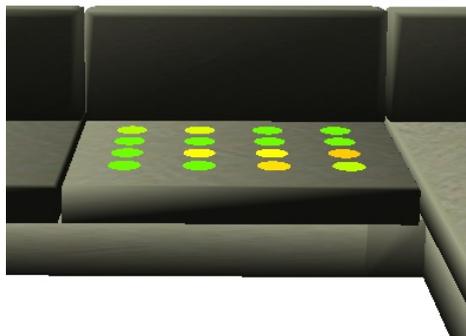


Abbildung 4.23: Leichte Person sitzt vorne rechts



Abbildung 4.24: Schwere Person sitzt hinten links, mittelschwere Person sitzt vorne rechts

Wie der im vorherigen Abschnitt vorgestellte Ansatz mit textilen, kapazitiven Sensoren, ist der hier verwendete Ansatz in der Produktion aufwändig. Dafür ist der Sensor gut in bestehende Sofas integrierbar und benötigt keine Abschirmung. Dadurch sind die Materialkosten vergleichsweise gering. Um den Aufwand abschätzen zu können, lohnt der Blick in die Arbeit von Ann-Kathrin Weiss. In ihrer Arbeit beschreibt Frau Weiss den Aufbau der Sensormatrix sehr genau (Weiss, 2011, Seite 65ff).

Bei der Skalierung des Systems entstehen bei zunehmender Größe Schwierigkeiten mit den zahlreich benötigten Leitungen. Da jeder Sensor unabhängig von den anderen ist, braucht er eine Leitung zu einem Port an der Elektronik. Diese Leitungen müssen in das Textil oder ein anderes gewähltes Trägermaterial eingearbeitet werden. Die Masse teilen sich alle Sensoren, was den Verkabelungsaufwand für die Masse reduziert.

Dieser Sensor kann sehr gut in bestehende Möbel integriert werden, sofern diese Möbel über ein entfernbares Sitzkissen verfügen. Sollte das nicht der Fall sein, könnte eine Sensormatrix unter einem Überzug installiert werden. Bei der Installation unter einem Überzug müsste darauf geachtet werden, dass sowohl der Überzug als auch die Sensormatrix fest fixiert sind und nicht verrutschen.

Im Gegensatz zu den Kapazitiven Sensoren aus dem vorherigen Kapitel, ist dieser Sensor deutlich empfindlicher. Sollten Gegenstände durch den Bezug stechen, kann der Sensor beschädigt werden. Ausgelaufene Flüssigkeiten können zu Kurzschlüssen führen und den Sensor beschädigen.

Insgesamt liefert der hier vorgestellte Sensor gute Werte für die Positionbestimmung. Durch die wenigen Sensoren kann ein relativ einfacher, erster Algorithmus geschrieben werden, um diese Position zu ermitteln. Vorhandene Algorithmen zur Erkennung von „Pixelansammlungen“ und deren Positionen aus dem Bereich RobotVision sollten hier zu schnellen Ergebnissen führen.

Der Sensor kann auch dort gut genutzt werden, wo kapazitive Sensoren nicht in Frage kommen. Das ist dort der Fall, wo Vorbehalte gegen elektrische Felder bestehen oder die Rückenlehne für kapazitive Sensoren ungeeignet ist. Der hier vorgestellte Sensor kann mit den nötigen Algorithmen alle Positionen erkennen, die auch die vorher beschriebenen kapazitiven Sensoren erkennen können. Dafür ist jedoch mehr Aufwand in den Algorithmen nötig, als in der Lösung mit kapazitiven Sensoren.

## **Nutzung Balancesensor**

Ein Sofa kann als großer Stuhl oder Sessel gesehen werden. Darum kann der beim intelligenten Stuhl in Kapitel 4.2 beschriebene Balancesensor auch beim Sofa eingesetzt werden. Hat das Sofa genau vier Beine, reicht es für die Detektion einer einzelnen Person, unter alle

vier Beine Kraftsensoren zu montieren. Aus der normalisierten Differenz der Sensorwerte kann dann die Position der Person auf dem Sofa ermittelt werden.

Mit der Position kann über die gewonnenen Daten das Gewicht auf den Kraftsensoren gemessen werden. Das Gewicht entspricht der Summe der Einzelgewichte auf den vier Kraftsensoren. Dabei wird nicht das gesamte Gewicht des Nutzers gemessen, da dieser Teile seines Gewichtes auf dem Boden verteilt. Dennoch kann eine recht gute Annäherung erzielt werden.

Ein interessantes Experiment in diesem Zusammenhang wäre die Positionsbestimmung mehrerer Personen mit nur vier Sensoren. Dabei würden die Summen der Werte der linken und rechten Sensoren als jeweils ein Sensor gerechnet und der Schwerpunkt zwischen diesen „virtuellen“ Sensoren ermittelt. Da die Summe aller vier Sensoren immer das Gesamtgewicht ergibt, kann erkannt werden, welche Person seine Position verändert hat. Damit müssten sich Rückschlüsse auf die Position ziehen lassen. Dieser Ansatz wurde jedoch aus Zeitgründen und Mangel an sehr starken Kraftsensoren verworfen.

Um einfachere Kraftsensoren nutzen zu können darf das Gewicht nicht größer werden, als von den Herstellern einfacher Kraftsensoren definiert. Bei Haushaltswaagen liegt das Gewicht meistens bei 150 kg. Naheliegender ist, den Balancesensor wie beim intelligenten Stuhl in Kapitel 4.2 beschrieben zu nutzen. Das bedeutet, dass unter jeder Sitzfläche des Sofas ein Balancesensor montiert wird. Dieser Aufbau scheiterte beim vorgegebenen Sofa an mehreren Dingen. Die Waagen waren bedeutend kleiner, als die Sitzfläche des Sofas. Durch die zu geringen Maße, wäre eine ebene Sitzfläche nicht mehr gegeben. Außerdem verschlechtert der Aufbau so die Messwerte. Neben der zu geringen Fläche der Waagen, ist ihre Bauhöhe unangenehm groß, was einer unsichtbaren Montage entgegenwirkte. Entscheidend war jedoch der Federkernunterbau des Sofas, welches für zusätzlichen Komfort sorgt. Da Balancesensoren eine feste Platte benötigen, um alle Kräfte an die vier außen liegenden Sensoren zu leiten, kam ein Einsatz dieses Sensors nicht in Frage.

Dennoch kann ein Balancesensor zur Erkennung von Sitzpositionen im Sofa genutzt werden. Bei diesem dritten Ansatz, werden die Überlegungen aus dem oberen Abschnitt „Nutzung kapazitiver Sensoren“ übernommen. Bei der Implementierung mit kapazitiven Sensoren kann sowohl die Rücken- als auch die Beinstellung erkannt werden. Aus diesen Informationen wird die Sitzposition ermittelt.

Um mindestens die gleichen Informationen über die Rücken- und Beinstellungen zu erhalten, die über den kapazitiven Ansatz gewonnen werden konnten, werden zwei eindimensionale Balancesensoren benötigt, wobei ein Sensor an den Beinen und ein Sensor hinter dem Rücken platziert werden müssen. Prinzipiell werden aus einem Balancesensor aus Kapitel 3.3.2 zwei gemacht, indem der Sensor in der Mitte geteilt wird. Im Rahmen dieser Arbeit wurde mit Hilfe der Zentralwerkstatt der HAW-Hamburg ein neuer Sensor gebaut.

Dieser neue Sensor besteht aus zwei Kraftsensoren, die an den Enden eines 90cm langen Stahlprofils befestigt werden. Das Stahlprofil ist so gewählt, dass es sich bei der Belastung durch einen Menschen nur sehr wenig durchbiegt. Den montierten Sensor zeigt Abbildung [4.25](#).

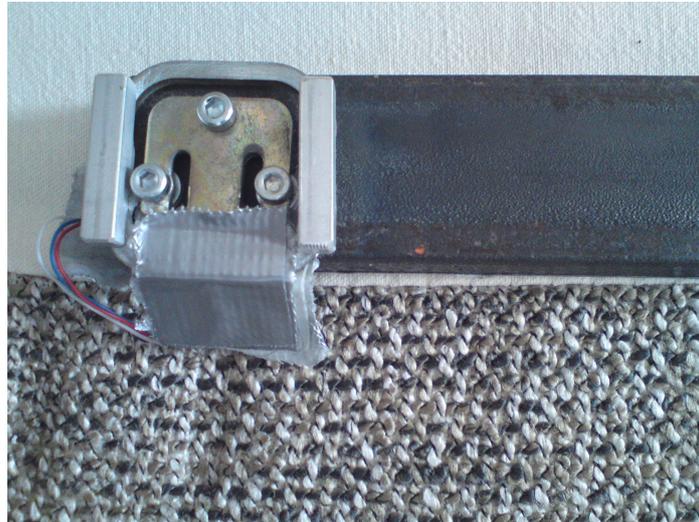


Abbildung 4.25: Balancesensor bestehend aus zwei Kraftsensoren und einem sehr stabilen Stahlprofil

Der fertige Sensor wurde unter das Sitzkissen des Sofas gelegt. Eine besondere Befestigung ist nicht notwendig. Das besonders stabile Stahlprofil ist notwendig, da die Werte des Balancesensors nur dann zuverlässig sind, wenn die Verbindung der Kraftsensoren freitragend ist. Biegt sich die Verbindung zu sehr durch und liegt auf dem Sofa auf, werden Kräfte auf diese neue Auflage abgegeben und können in die Balancebestimmung nicht mehr einfließen. Ein Bild des fertigen Sensors im Sofa zeigt Abbildung [4.26](#)

Für den zweiten Sensor musste eine Aufhängung gebaut werden. Diese erlaubt das Anbringen des Sensors, ohne das Sofa zu verändern. Die Aufhängung besteht aus zwei Leisten, welche unter dem Kissen verlaufen und an der Rückenlehne anliegen. Der zweite Balancesensor ist an der oberen Seite dieser Aufhängung befestigt.

Bei der Fertigung von Rückensensoren kann auf leichteres und damit dünneres Material zurückgegriffen werden. Hier ist ein Durchbiegen weniger kritisch, da ein hohes Gewicht nur punktuell auftreten kann. Eine dauerhafte starke Belastung, die eine weniger massive Stahlverbindung verformt, ist an der Rückenlehne nur sehr schwer zu erreichen.

Im Folgenden soll kurz die Funktionsweise anhand von Bildern dargestellt werden. Die Abbildungen [4.27](#) bis [4.29](#) zeigen drei mögliche Positionen auf dem Balancesensor. Die Position entspricht hierbei dem Masseschwerpunkt auf dem Sensor, was für diese Anwendung völlig



Abbildung 4.26: Balancesensor unter dem Sitzkissen

ausreichend ist. Anstelle von Menschen werden auf den Abbildungen zwei unterschiedlich große Gewichte und deren Auswirkungen auf das System gezeigt. Die Gewichte liegen auf einer stabilen Oberfläche, die auf zwei Kraftsensoren ruhen. Die Belastung der Kraftsensoren wird durch den farbigen Balken oberhalb des Aufbaus gezeigt. Die Enden dieses Balkens verändern sich mit der Belastung der Kraftsensoren.

Die Größe des Balkens bleibt gleich, lediglich die Masse verschiebt sich in die eine oder andere Richtung. Das kommt daher, dass bei dem aufgebauten System die Summe der Gewichte stets die Gesamtmasse des belastenden Gewichtes ergibt. Abbildung 4.27 zeigt den ausgeglichenen Zustand. Das Gewicht befindet sich in der Mitte wodurch auf beiden Kraftsensoren die gleiche Kraft gemessen wird. Die Größe des Balkens verändert sich linear mit dem Gewicht, was anhand der Abbildung schlecht zu erkennen ist.

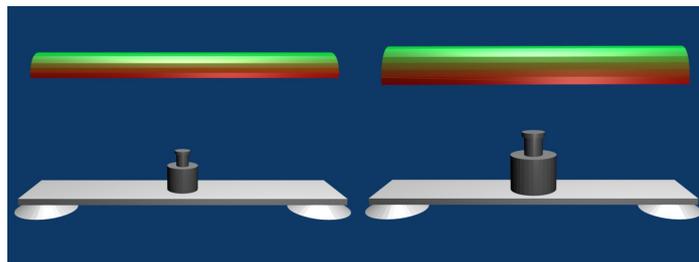


Abbildung 4.27: Balancesensor mittig belastet: Die Balance ist ausgeglichen, beide Sensoren sind gleich belastet

In Abbildung 4.28 wurde das Gewicht nach rechts verschoben. Das Gewicht ist allerdings

noch nicht ganz auf dem rechten Kraftsensor angekommen. Darum wird neben dem rechten Kraftsensor auch der linke Kraftsensor belastet. Der Balken zeigt die geringere Belastung des linken Kraftsensors durch die geringere Höhe des Balkens.

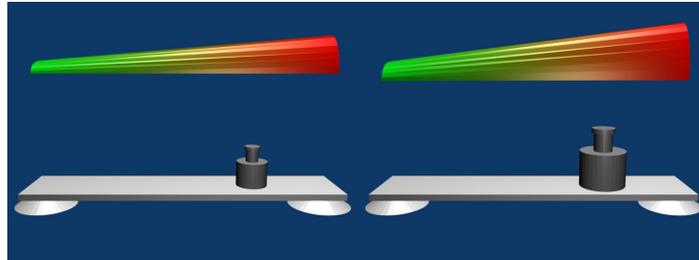


Abbildung 4.28: Balancesensor rechts belastet: Das Gewicht lastet mehr auf dem rechten, als auf dem linken Kraftsensor

In Abbildung 4.29 wurde das Gewicht ganz nach rechts verschoben. Hier liegt das ganze Gewicht auf dem rechten Sensor. Der linke Sensor ist überhaupt nicht belastet.

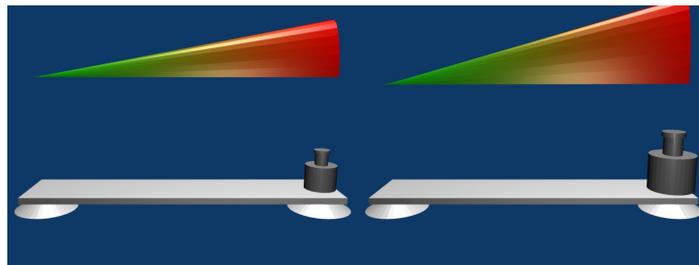


Abbildung 4.29: Balancesensor ganz rechts belastet: Das Gewicht liegt ausschließlich auf dem linken Kraftsensor

Die Position auf dem Balancesensor kann für unterschiedliche Gewichte berechnet werden, da das Gesamtgewicht bekannt ist. Durch das lineare Verhalten der Kraftsensoren kann die Position auf dem Balancesensor sehr einfach mit einem Dreisatz berechnet werden. Dabei entspricht die Summe der gemessenen Kräfte(A) der maximalen Position auf dem Balancesensor(C). Gesucht ist die Position(X) für den Wert des linken Sensors(B).

$$X = \frac{(C \cdot B)}{A}$$

Mit dieser Information kann das gleiche Verfahren zur Positionserkennung angewendet werden, wie es die Abbildungen 4.19 bis 4.21 aus dem Abschnitt der kapazitiven Sensoren beschreiben. Ein Vorteil des Balancesensors ist hierbei jedoch die feinere Einteilung der Fläche. Über den ermittelten Schwerpunkt lässt sich das Zentrum der Person, des Tieres oder

des Gegenstandes auf dem Sofa bestimmen. Das ist eine sehr gute Annäherung an die tatsächliche Position.

Dieser Balancesensor ist sehr einfach zu fertigen. Im Praxisbetrieb stellte sich heraus, dass der Sensor auch über einen langen Zeitraum von mehreren Wochen sehr zuverlässige Daten liefert und praktisch nicht neu kalibriert werden muss.

Die nachträgliche Integration in ein Sofa ist möglich und wurde im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt. Wichtig ist hierbei, dass sowohl das Sitzkissen als auch die Rückenlehne des Sofas aus einzelnen, abnehmbaren Elementen bestehen muss. Das Ziel, den Sitzkomfort zu erhalten, wurde erreicht. Der Mittelteil des Sitzkissens bleibt frei, wodurch die positiven Eigenschaften des darunter befindlichen Federkernpolsters erhalten bleiben.

Anders als die vorherigen Sensoren, trägt dieser Sensor etwas auf. In der Praxis spielte das jedoch keine große Rolle, da das Auftragen von außenstehenden nicht bemerkt wurde. Beim Einbau des Balancesensors in eine neue Sofakonstruktion sind keine Probleme zu erwarten, da der benötigte Sensor in die Unterkonstruktion des Sofas integriert werden kann. Der Eigenbau eines Sofas ist mit diesen Sensoren im Anschluss diese Arbeit angedacht.

## Nutzung Elektrodennetz

Wie Abbildung 4.30 zeigt, ist der rechte Sitz des Sofas länger ausgeführt, als die übrigen Sitze. Die Überlegung, die ab Seite 72 beschriebene Sensormatrix auf dieser Fläche einzusetzen, wurde verworfen, da die kleinen Sensorpunkte zu stark verteilt wurden, um ein zusammenhängendes Bild zu zeigen. Ein Ziel des Sensormatrix Prototypen war jedoch ein möglichst zusammenhängendes Bild zu erzeugen. Für eine abstrakte Positionserkennung, wie bei den ab Seite 66 beschriebenen kapazitiven Sensoren oder den ab Seite 75 vorgestellten Balancesensoren, hätte ein solcher Aufbau gereicht.

Eine Vergrößerung der Sensorflächen kam nicht in Frage, da die eingesetzte Folie hierbei zu großen Zugbelastungen ausgesetzt gewesen wäre. Eine Alternative stellt das in Kapitel 4.1 beschriebene Elektrodennetz dar, welches die Position von Personen auf dem Boden erkennen kann.

Eigentlich handelt es sich auch hierbei um einen kapazitiven Ansatz. Da die Auswertung der Daten dieses Ansatzes sich komplett von denen des vorgestellten Konzeptes mit kapazitiven Sensoren unterscheidet, wird der Ansatz hier extra beschrieben.

Abbildung 4.30 zeigt die Position des Elektrodennetzes. Dieses Netz könnte sowohl textil im Sitzkissenbezug gefertigt werden oder mit Hilfe von Kupferdrähten umgesetzt werden, wie es beim intelligenten Boden geschehen ist.

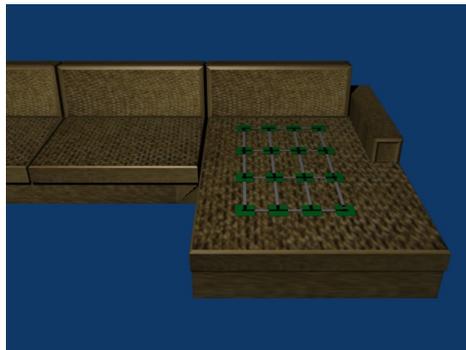


Abbildung 4.30: Elektrodenetze können auch im Sofa große Flächen andecken

Im Gegensatz zum intelligenten Boden, bietet das Elektrodenetz im Sitzkissen einen deutlich geringeren Nutzwert, als eine Sensormatrix. Während eine Sensormatrix die Belastung an jedem Punkt bestimmen kann, können beim Elektrodenetz prinzipbedingt keine genauen Angaben über einzelne Punkte gegeben werden, wenn mehrere Punkte belastet sind. Das unterschiedliche Verhalten zeigt Abbildung 4.31. Dabei muss die Person nicht, wie auf der Abbildung zu sehen, mit gespreizten Beinen sitzen. Es reicht, wenn sie diagonal sitzt. Auch dann werden alle Felder angesprochen. Eine Unterscheidbarkeit gibt es im Elektrodenetz nicht. Da diese Situation auf einem Boden selten auftritt, ist das Netz für den Boden besser geeignet. Beim Einsatz des Netzes im Sitz gehen viele Informationen verloren.

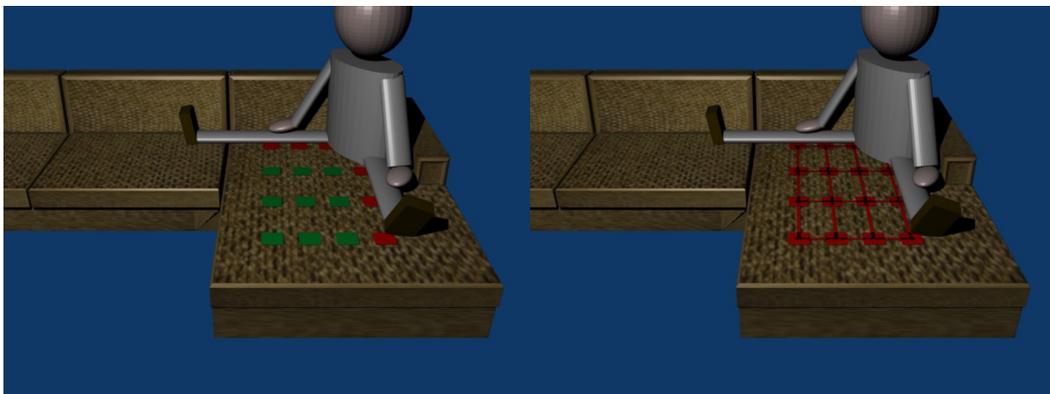


Abbildung 4.31: Gegenüberstellung Einzelsensoren (links) zu Sensornetz (rechts)

Dennoch reicht die Genauigkeit des Sensornetzes, um eine Idee von der Sitzposition zu erhalten. Gleichzeitig lässt sich dieses System sehr einfach realisieren und auch in Bestandssofas nachrüsten. Der Nachteil dieser Lösung besteht in dem elektrischen Feld, welches die ganze Zeit über im Sitzbereich aufgebaut wird.

Da für dieses Elektrodenetz kein weiteres CapSense zur Verfügung stand, wurde es nicht

realisiert. Einen Erkenntnisgewinn gegenüber dem in Kapitel 4.1 vorgestellten und als Prototyp gefertigten intelligenten Teppich gibt es nicht.

## 4.6 Betrachtung der Ergebnisse

In diesem Kapitel wurde gezeigt, wie die in Kapitel 3 beschriebenen Sensoren in Möbel integriert werden können. Dabei wurde erläutert, welche Informationen mit Hilfe der Sensoren gewonnen werden können. In Szenarien wurde dargestellt, wie diese Informationen zur Kontextgenerierung beitragen können.

Zur Überprüfung des Konzeptes wurden ein Stuhl, ein Teppich, ein Bett und ein Sofa mit Sensoren ausgestattet. Anschließend wurden die Ergebnisse auf ihre Brauchbarkeit hin untersucht. Das Ergebnis zeigt, dass die Informationen aus diesen modifizierten Sensoren für die Generierung von Positionsinformationen geeignet sind.

Besonders hervorzuheben sind das kapazitive Netz und die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Balancesensors. Dabei hat der Balancesensor den Vorteil, dass kein messbares elektromagnetisches Feld entsteht. Gleichzeitig sind Balancesensoren sehr flexibel nutzbar. Diese Flexibilität zeigt die Weiterentwicklung des Balancesensors im kontextsensitiven Sofa. Im Praxisbetrieb stellte sich der Balancesensor zudem als sehr robuster, haltbarer und einfach zu fertigender Sensor heraus.

Das Sofa war für die Entwicklung von Sensoren für den Prototyp kontextsensitiver Möbel eine gute Wahl. Das Sofa bietet genug Platz für die Unterbringung verschiedener Sensortechnologien. Diese Technologien können unter gleichen Bedingungen nebeneinander betrieben werden, was einen direkten Vergleich ermöglichte.

Die Flexibilität der im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Sensoren zeigt die vielfältige Einsatzbarkeit. Es ist möglich, mit den in Kapitel 3.3 vorgestellten Sensoren einen großen Bereich intelligenter Möbel mit sinnvollen Sensoren auszustatten. Damit sind Synergieeffekte, wie die Mehrfachnutzung eines Sensornetzes im Teppich und auf dem Sofa, ermöglicht worden. Gleichzeitig können Algorithmen zur Positionserkennung zwischen verschiedenen Sensorarten ausgetauscht werden, wie das Beispiel der Kapazitiven- und Balancesensoren zeigt.

Ein weiterer positiver Aspekt der hier vorgestellten Sensoren ist die Unterschiedlichkeit der benötigten Voraussetzungen für die Montage. So können je nach Eigenschaften des Sofas unterschiedliche Sensoren genutzt werden. Ist das Sitzkissen fest mit dem Sofa verbunden, können die auf Seite 66 vorgestellten, kapazitiven Sensoren zum Einsatz kommen. Ist die Rückenlehne fest mit dem Sofa verbunden, kann eine Sensormatrix eingesetzt werden.

Ein weiteres positives Ergebnis liefert die selbst gebaute Sensormatrix. Diese überrascht mit ausreichend guten Ergebnissen. Wird ein textiles Material als Ersatz für die eingesetzte Folie gefunden, birgt dieser Sensor großes Potential.

Da die Sensoren für sich genommen zunächst nur einen endlosen Strang an Messwerten generieren und weitergeben, ist für die Beurteilung der Qualität der Messwerte auch Software notwendig. Diese wird im nächsten Kapitel beschrieben.

# 5 Entwickelte Software

Um die in Kapitel 4 beschriebene Hardware nutzbar zu machen wird zusätzliche Software benötigt. Um diese Software geht es in den folgenden Kapiteln.

Da neben den fertig gekauften kapazitiven Sensoren aus Kapitel 3.3.3 zusätzliche selber gefertigte Sensoren realisiert wurden, entstand im Rahmen dieser Arbeit Software in zwei unterschiedlichen Bereichen. Neben einer Anwendungssoftware zum Auswählen, Aufbereiten und Darstellen von Sensorwerten musste Embedded Software geschrieben werden, die auf Mikrocontrollern läuft und elektrische Größen digitalisiert, vorverarbeitet und weiterleitet.

Die folgenden Kapitel stellen die entwickelte Software vor. Begonnen wird in Kapitel 5.1 mit einem Überblick über die Anwendungssoftware und ihre Komponenten. Anschließend wird in Kapitel 5.2 der Aufbau der Embedded Software auf den verwendeten Mikrocontrollern beschrieben.

## 5.1 Anwendungssoftware

Das für diese Arbeit erstellte System umfasst neben der in Kapitel 4 beschriebenen Hardware mehrere Softwarekomponenten. Diese Softwarekomponenten ermöglichen die Auswertung der empfangenen Sensorwerte, den Transport der Daten zu einem zentralen Speicher im Living Place, sowie die Darstellung der Daten in verschiedenen Modi. Eine Übersicht der Komponenten ist in Grafik 5.1 zu sehen und wird im Folgenden näher beschrieben.

Grafik 5.1 zeigt in grüner Farbe den sogenannten „DisplayChooser“. Diese Komponente ist sehr eng mit dem in Abbildung 5.2 gezeigten GUI verbunden. Über den DisplayChooser wählt der Nutzer die gewünschte Darstellung, die Art der angezeigten aktiven Sensoren, sowie die speziellen Sensoren, die für den Nutzer im Moment interessant sind. Anschließend läuft das System an. Über ein Textfenster werden nach anlaufen des Systems Status und Fehlermeldungen ausgegeben.

Die in blau dargestellten Komponenten aus Abbildung 5.1 zeigen das „BaseSensorDevice“ und die abgeleiteten Klassen. Hierbei handelt es sich um den Bereich, welcher für den Empfang und die Vorverarbeitung der Sensordaten zuständig ist.

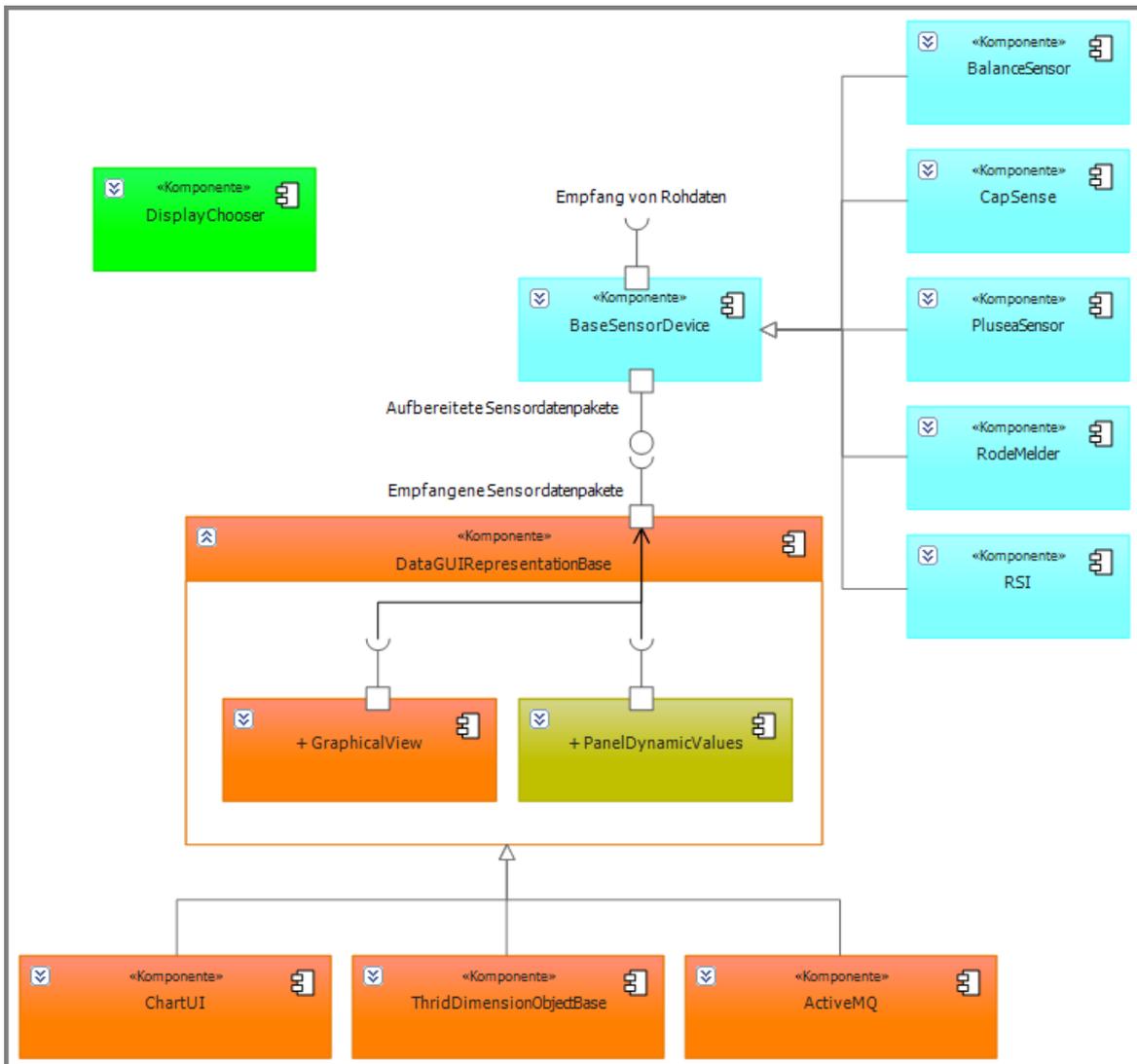


Abbildung 5.1: Systemaufbau der Software zum Auswerten und Anzeigen von Messwerten

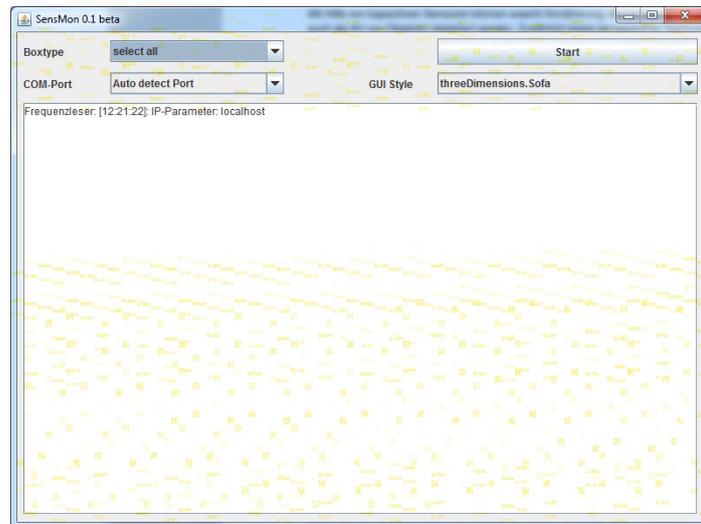


Abbildung 5.2: SensMon Begrüßungs- und Auswahlschirm

Die Klasse „BaseSensorDevice“ bietet eine grundlegende generische Datenstruktur für alle erdenklichen Arten von Sensorwerten und kapselt sie in einer festen Struktur zur späteren Übergabe als aufbereitete Sensordatenpakete. Zusätzlich versteht die Basisklasse „BaseSensorDevice“ das vom Living Place verwendete ActiveMQ, welches für die Implementierung eines Blackboard Systems zur Verteilung von Informationen im Living Place genutzt wird. Somit können alle Sensorkomponenten sowohl direkt an die Hardware angeschlossen sein, als auch über das Netzwerksystem des LivingPlace Rohdaten empfangen. Das BaseSensorDevice sorgt für die transparente Weiterleitung der Daten und empfängt die Daten aus allen mit dem Gesamtsystem verbundenen Quellen.

Die transparente Einbindung der Schnittstelle zum ActiveMQ im „BaseSensorDevice“ ermöglicht dem Nutzer einen Einsatz der Software unabhängig vom Standpunkt der Sensoren und den Schnittstelleneinschränkungen des verwendeten Systems. Die Software kann auf beliebiger PC-Hardware gestartet werden und verarbeitet die Daten stets gleich. Dadurch ist es möglich die Sensordaten auf einem 64-Bit-Serversystem mit Powerwall oder einem schwachen Tablet-PC zu nutzen, die weder über die räumliche Nähe zu den Sensoren, noch zu den notwendigen Schnittstellen für die Sensorhardware verfügen.

Über die Spezialisierungen der „BaseSensorDevice“ Klasse ist es möglich mit geringem Aufwand neue Sensoren in das System einzubinden. Die Spezialisierungen verfügen sofort über alle Schnittstellen und Funktionalitäten zur Kommunikation mit dem LivingPlace. In den Spezialisierungen können bisher unbekannte Transportmedien eingebunden und Daten beliebig vorverarbeitet werden, um den vom GUI benötigten Datenformat zu entsprechen. Zusätzlich bietet diese Architektur die Möglichkeit auf die Eigenarten unterschiedlicher Messwerte einzugehen und gegebenenfalls spezielle Filter einzusetzen.

Weitere Hierarchieebenen ermöglichen an dieser Stelle zusätzliche Spezialisierungen. So ist es beispielsweise möglich die Sensordaten gleicher Sensoren auf unterschiedliche Arten zu interpretieren und dem System zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen dieser Masterarbeit war das jedoch nicht notwendig und wurde daher nicht genutzt.

Die in der Farbe orange dargestellten Komponenten sind für die Darstellung der vom „BaseSensorDevice“ zur Verfügung gestellten, aufbereiteten Sensordatenpakete verantwortlich. Als Basis dient hier das „DataGUIRepresentationBase“. Diese Komponente stellt drei wichtige Funktionalitäten zur Verfügung. Es kann aufbereitete Sensordatenpakete des „BaseSensorDevice“ empfangen und zur Verfügung stellen. Dazu bietet es ein einfaches Fenster mit zwei beliebig nutzbaren Anzeigebereichen und einigen festen Informationselementen an. Bei den Anzeigebereichen sind die Komponenten „GraphicalView“ und „PanelDynamicValues“ von besonderem Interesse.

Beim „PanelDynamicValues“ handelt es sich um eine dynamische Liste von Feldern. In dieser Liste können Informationen von den Spezialisierungen des „DataGUIRepresentationBase“ auf einfache Weise angezeigt werden. Eine sinnvolle Nutzung stellt beispielsweise die Anzeige von relevanten Sensorwerten wichtiger Sensoren dar.

Im „GraphicalView“ können durch die Spezialisierungen des „DataGUIRepresentationBase“ unterschiedliche Anzeigeformen für den Nutzer gewählt werden. Im Rahmen dieser Masterarbeit entstanden zwei Spezialisierungen für die Anzeige der Sensordaten und eine Spezialisierung für das Weiterleiten der Daten in einem Serverbetrieb der Software. Diese Spezialisierungen für die Anzeige der Sensordaten teilen sich in die Gruppen Chart und 3D Repräsentation und bieten damit Lösungen für die zwei wichtigsten Einsatzgebiete der Software.

Ein Bild der laufenden Applikation mit der Darstellung des Sofas mit aktiver Eigenbau Sensor Matrix zeigt beispielhaft Abbildung 5.3. Auf der rechten Seite ist das PannelDynamicValues zu sehen, die 3D-Grafik wird im GraphicalView angezeigt.

Die Anzeige der Sensordaten in einem Chart ermöglicht die Analyse und einen Vergleich der Güte und der Art der ankommenden Daten. Durch das Abbilden der Sensordaten in Abhängigkeit von der Zeit ist es möglich Aktionen an den Sensoren auszulösen und die Reaktionen auf diese Aktionen genau zu sehen. Diese Anzeige der Daten in einer Grafik ist daher ein wichtiges Mittel zur Entwicklung von Filtern auf Daten und die Fehlersuche bei unvorhergesehenem Verhalten des Systems.

Abbildung 5.3 zeigt die Anzeige der Sensordaten in einer 3D Repräsentation. Sie dient zwei Zwecken. Die 3d Repräsentation ermöglicht es komplexere Zusammenspiele verschiedener Sensoren zu erkennen und bietet eine ansehnliche Oberfläche für Demos.

Die Visualisierung der Daten unterschiedlicher Sensoren und deren lokale Anordnung bietet einen möglichen Startpunkt für die Erschaffung von Algorithmen zur Kontexterkennung.

Die gleichzeitige Anzeige von Daten und deren örtlichen Bezug zueinander, ermöglicht eine Sicht von Außen, die Muster und Zusammenhänge in den Blickpunkt holen kann. Auf diese Weise konnte in sehr kurzer Zeit ein einfacher Algorithmus für die Sturzerkennung auf Basis der angeregten Sensoren in einem Teppich geschrieben werden, wie er in Kapitel 4.1 beschrieben ist.

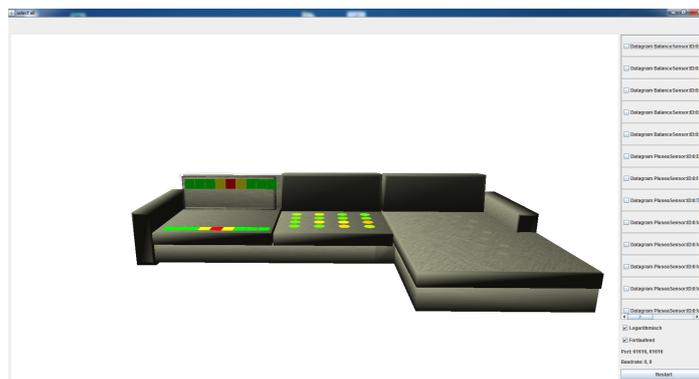


Abbildung 5.3: Darstellung sofa als Spezialisierung des ThirdDimensionObjectBase

Für die Visualisierung der Sensordaten im 3D-Modell wurde der Weg über die JMonkeyEngine gewählt. Diese Engine für 3D-Spiele und Animationen bietet eine Möglichkeit unter Java 3D-Modelle zu importieren, welche in Java genutzt und verändert werden können. Außerdem ist die JMonkeyEngine kostenlos einsetzbar. Als CAD-Programm zum Erstellen der Visualisierungen diente das freie Programm Blender.

In Blender wurde für diese Masterarbeit ein Modell des Sofas aus dem LivingPlace erstellt. In dieses Modell wurden anschließend alle Sensoren integriert und mit sinnvollen Namen für die spätere Verwendung unter Java versehen. Nach dem Erstellen des Modells wurde es in ein von der JMonkeyEngine lesbares Format exportiert und in die Anwendungssoftware eingebunden. Diese Einbindung erfolgt in der Komponente ThirdDimensionObjectBase, ihrer SubKomponenten und den abgeleiteten Klassen, welche in Abbildung 5.4 vereinfacht dargestellt sind.

Die SubKomponenten in Abbildung 5.4 lassen sich in zwei Kategorien teilen. In Gelb werden hier das oben beschriebene 3D-Modell sowie die Komponente zur Berechnung der Sensordaten gezeigt. Daneben existiert eine in blau dargestellte Komponente, die unterschiedliche Algorithmen beherbergt.

Die Berechnung der Sensordaten hat zwei Aufgaben. Zum einen müssen die Rohdaten normalisiert werden, zum Andern müssen die normalisierten Daten ausgewertet werden. Diese Auswertung ermöglicht eine einfache Darstellung innerhalb der GUI.

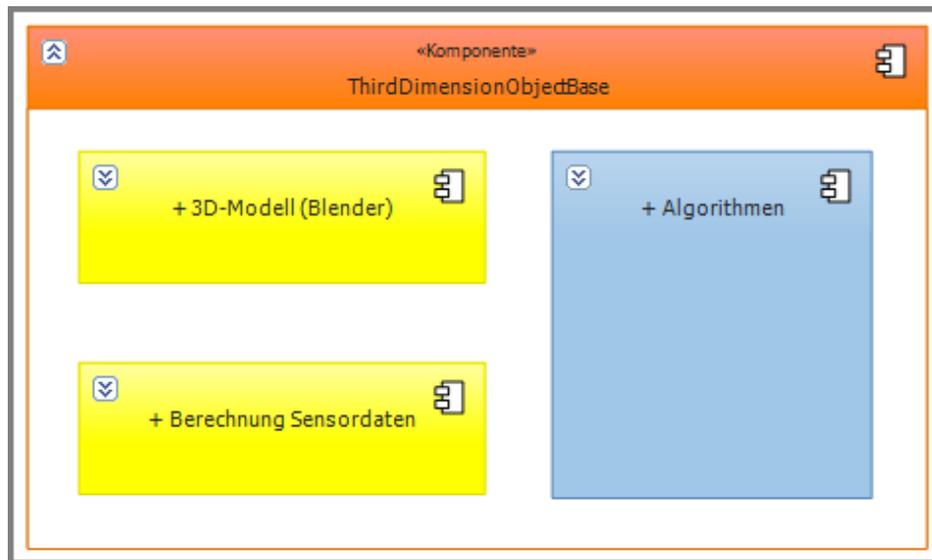


Abbildung 5.4: Komponenten zur Anzeige der 3D-Repräsentation

In der Komponente `ThirdDimensionObjectBase` wird nach dem Auswerten und der Vorverarbeitung der Sensordaten durch die Komponente „Berechnung Sensordaten“ entschieden, wie weiter mit den Daten verfahren werden soll. Die Daten werden entweder direkt in das Anzeigeformat für die Komponente „3D-Modell“ konvertiert oder in passende Algorithmen der Komponente „Algorithmen“ weiter geleitet. In der Komponente „Algorithmen“ können weitere Informationen aus den vorhandenen Daten gewonnen werden. Der implementierte Algorithmus zur Sturzerkennung zeigt eine mögliche Nutzung.

Die einzelnen Komponenten verfügen über definierte Schnittstellen. Neue Implementierungen können beim Start des Systems geladen werden und erlauben die Erweiterbarkeit des Gesamtsystems.

Somit deckt die Software den kompletten Bereich über die Erfassung, die Verarbeitung und die Anzeige der Daten ab. Die Erfassung unterschiedlichster Sensordaten wird in der Software vereinheitlicht. Gleichzeitig werden die unterschiedlichen Arten von Daten in ein einheitliches Format konvertiert und über eine einheitliche Schnittstelle zur Verfügung gestellt. Das ermöglicht einen einfachen Zugang und einfache Nutzbarkeit in unterschiedlichen Anwendungen und stellt eine solide Basis für neue Nutzungsfelder durch weitere Bachelor- und Masterarbeiten dar.

Nachdem in diesem Kapitel die Anwendungssoftware beschrieben wurde, beschäftigt sich das folgende Kapitel [5.2](#) mit der entwickelten Software innerhalb der selbst gefertigten Sensoren.

## 5.2 Embedded Software

Für die in Kapitel 3.3.2 und 3.3.4 beschriebenen Kraft- und Matrix-Sensoren musste Software für die Integration in kontextsensitive Möbel Software geschrieben werden. Diese Software wandelt die erhaltenen elektrischen Größen in verwertbare Messwerte um, bzw. übernimmt die nötige Steuerung der Hardware und ist relativ einfach, wie das Ablaufdiagramm in Abbildung 5.5 zeigt.

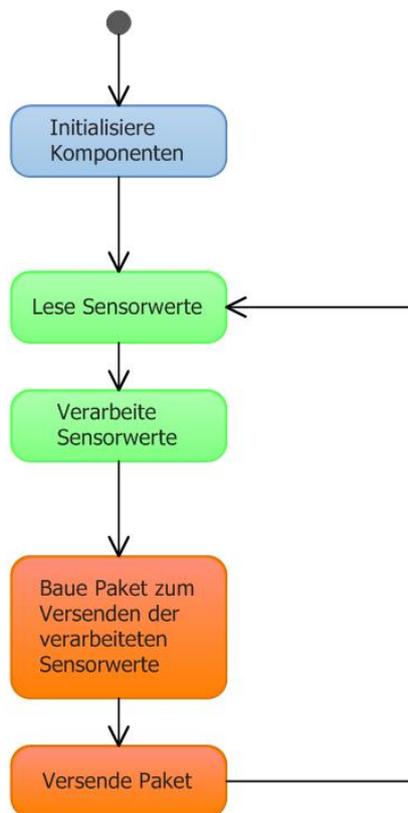


Abbildung 5.5: Ablaufdiagramm der Steuerungssoftware für das Auslesen der Plusea und Kraftsensoren

Nach Einschalten des Gerätes wird zunächst eine individuelle Initialisierung der Hardware vorgenommen. Diese Stufe ist im Diagramm blau dargestellt und im Matrix Sensor beispielsweise für das initiieren der Ein- und Ausgänge des Mikrocontrollers und die Kommunikation mit dem Gesamtsystem verantwortlich.

Nach dieser Initialisierung werden in einer Schleife die Sensorwerte eingelesen und anschließend vorverarbeitet. Abbildung 5.5 zeigt diese Stufe grüner Farbe. Das Einlesen der

Sensorwerte ist von der Art des Sensors abhängig und kann als Komponente ausgetauscht werden. Beim Plusea Sensor werden Spannungen an den 16 Analog Digital Konvertoeren des verwendeten ATmega 1280 eingelesen und gespeichert. Bei den Kraftsensoren wird an dieser Stelle der verwendete AD7795 Verstärker mit Analog Digital Konverter so konfiguriert, dass der richtige Wert im Register ansteht, welches dann ausgelesen werden kann.

Der letzte Verarbeitungsschritt ist in Orange dargestellt und umfasst die Vorbereitung der im vorherigen Schritt gespeicherten Daten für das Versenden in einem definierten Datenpaket. Dieses Datenpaket wird im letzten Schritt an das Gesamtsystem versendet und der Vorgang beginnt von Neuem.

Das Wichtige beim Design dieser Software ist die einfache Anpassbarkeit an neue Sensoren. Wie in Kapitel 3.2 angedeutet, stellt die in dieser Arbeit erstellte Beispielimplementierung für kontextsensitive Möbel eine Basis dar, bei der eine spätere Erweiterung durch neue Sensoren vorgesehen ist. Aus diesem Grund ist die Software in drei Komponenten unterteilt: Hauptprogramm, Communication und SerialFormat.

Das Hauptprogramm enthält alle Modulspezifischen Informationen zum Starten, Steuern und Nutzen von externer Hardware. Dieser Teil der Software muss für jeden neuen Sensortyp angepasst werden. Communication stellt ein einheitliches Interface, welches die RS232 Schnittstelle des Controllers verwendet. Hier werden einfache Funktionen zur Verfügung gestellt, damit ohne Aufwand Nachrichten an die in Kapitel 5.1 beschriebene Anwendungssoftware geschickt werden können. SerialFormat enthält die wichtigen Konfigurationsinformationen für neue Geräte. Diese umfassen eine DeviceID, die Baudrate und den Pre- und Suffix jedes Paketes. Diese Informationen konfigurieren die Kommunikation mit der Anwendungssoftware.

### 5.3 Betrachtung der Ergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit entstanden einige neue komplexe Sensoren. Diese Sensoren vereinen Messdaten verschiedenster Sensormodule, welche ihre Messwerte alle über unterschiedliche Interfaces und Protokolle weiter geben.

Die Software, die im Rahmen dieser Arbeit entstanden ist, dient dem Zweck diese Daten zu generalisieren und in eine für Menschen interpretierbare Form zu bringen. Dazu waren zwei Stufen notwendig. Die erste Stufe ist die Software auf embedded Targets. Diese Software liegt nah an der Hardware und spricht über Bussysteme direkt mit Hardwarekomponenten oder liest Messwerte aus Sensoren ein. Anschließend verpackt die Software auf den embedded Targets diese Informationen in ein einheitliches Format und leitet sie an die Anwendungssoftware weiter. Auf diese Weise kann ganz neue Hardware mit wenig Änderungen an der Anwendungssoftware in das System integriert werden.

Dieser embedded Teil der Software ist sehr einfach gehalten. Als gemeinsame Komponenten verfügt sie über eine kleine Bibliothek zur schnellen Einbindung der Kommunikationsprotokolle in ein beliebiges Programm. Damit war es möglich in kürzester Zeit den Softwareteil für die in Kapitel 3.3.4 beschriebene Sensormatrix zu schreiben.

Die Anwendungssoftware ist in mehrere Module geteilt. Diese Aufteilung trennt die Annahme der Daten von deren Verwendung. Gleichzeitig existieren Adapter, um unterschiedlichste Sensordaten in eine gemeinsame Form zu bringen. Die Module zur Annahme der Daten sprechen das im Living Place Hamburg verwendete ActiveMQ und können Daten sowohl über diesen Weg empfangen als auch weiter geben. Dieser Ansatz hat sich besonders deswegen bewährt, weil die verwendeten Java-Bibliotheken für die serielle Kommunikation nur als 32-Bit Binaries zur Verfügung stehen und somit nicht auf 64-Bit Systemen funktionieren.

Da das Kommunikationsmodul transparent Daten aus dem ActiveMQ basierendem Blackboard der HAW oder über eine serielle Schnittstelle empfangen kann, ist es möglich Sensoren beliebig verteilt einzusetzen und die Daten an einem Punkt zusammen kommen zu lassen. Dieses wurde mehrfach genutzt, beispielsweise für die Anzeige von Messwerten zu Demonstrationszwecken auf der in der HAW-Hamburg installierten Powerwall und einem Tablet-PC zur direkten Überwachung der Daten.

Da alle Daten über das Blackboard geleitet werden, ist es möglich die Daten zeitgleich auf verschiedenen Endgeräten und auf unterschiedliche Arten zu visualisieren.

Wird die im Rahmen dieser Arbeit geschaffene Software verwendet, steht neben der fertigen Unterstützung für das Empfangen der Sensordaten ein Gerüst für deren Anzeige bereit. Dieses ist recht flexibel. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Darstellungsmodi implementiert. Ein „Chart View“ um den zeitlichen Verlauf von Messdaten zu illustrieren und eine „3D-Ansicht“, um eine bessere Idee vom Zusammenspiel verschiedener Sensoren zu gewinnen. Dieser Ansatz mit den zwei Darstellungsarten hat sich als gut herausgestellt.

Leider mussten an dieser Stelle Abstriche gemacht werden. Durch die Wahl des Frameworks JFreeChart ist der Aufbau der Graphen zur zeitlichen Darstellung, bei vielen Messwerten oder langsamer Hardware sehr träge.

Die Wahl der JMonkey Engine in der Version 2 für die Darstellung der Sensoren intelligenter Möbel hat sich als sehr Zeitraubend herausgestellt. Die Nutzung der Engine in Java-Swing-Umgebungen ist zwar generell unterstützt aber schlecht dokumentiert. Die Integration von Blender Modellen für die Anzeige innerhalb der JMonkey Engine funktionierte mit den passenden Plugins recht gut. Probleme bereiteten Texturen und Ausrichtung der Objekte.

Die Grundidee Modelle in einem externen Tool zu fertigen und später zu in die Software zu integrieren, bot stets verfügbares Anschauungsmaterial. Gleichzeitig war es sehr einfach

Änderungen an bestehenden Illustrationen vor zu nehmen. Dieses verfügbare Anschauungsmaterial konnte bei der interdisziplinären Kommunikation helfen.

Durch das Anbieten eines flexiblen Panels für engine Informationen und einem festen Anzeigebereich im Darstellungsteil der Anwendungssoftware konnten ohne viel Aufwand Messwerte und Anzeigen für den Nutzer der Software bereitgestellt werden.

Das integrieren der Algorithmen beispielsweise für die Positionserkennung über einen Updatemechanismus hat sich als gut herausgestellt. Die Umsetzung hätte jedoch besser anhand von Tests dokumentiert sein müssen. Dadurch wäre es für neue Entwickler einfacher gewesen die Komponenten der 3D-GUI anzusprechen. Dieses Ansprechen der Komponenten ist notwendig für die Integration neuer Sensoren in die GUI, was in der implementierten Software zu kompliziert ist.

## 6 Fazit und Ausblick

Diese Masterarbeit behandelt die Möglichkeiten, bestehende Gegenstände aus dem täglichen Umfeld um neue Fähigkeiten und Aufgaben zu erweitern. Das Augenmerk liegt auf Möbel im Wohnbereich und betrachtet Ansätze, um diese Alltagsgegenstände zu wertvollen Informationslieferanten für intelligente Wohnumgebungen zu machen. In Kapitel 1 wurde die Bedeutung von Kontext anhand eines Beispiels erläutert. Der Kontext über einer Situation, erzeugt aus einfachen Daten das Bild einer Gegebenheit auf die korrekt reagiert werden kann. Es beantwortet beispielsweise die Frage, wie auf das Läuten der Türglocke reagiert werden muss.

Gut funktionierende kontextsensitive Möbel sind die perfekte Ergänzung für eine intelligente Wohnumgebung. Bevor jedoch Möbel oder Wohnumgebungen sinnvollen Kontext generieren können, müssen sie Informationen über ihre Umwelt gewinnen. Kapitel 1 und 4.1 unterstreichen anhand von Beispielen die Wichtigkeit der Ortskenntnis über den Nutzer für eine intelligente Umgebung und deren Interpretation von Kontext.

Diese Bedeutung der Positionsinformationen ist die Motivation dieser Arbeit, bei der die Grundlagen für die Gewinnung von Kontextinformationen in Form von geschickter Erweiterung von Möbeln geschaffen wurden. Die entwickelten Systeme und Ansätze zur Gewinnung von Positionsinformation beschreibt Kapitel 4.

Bei dieser Arbeit wird in Kapitel 4.5 die Bedeutung des Sofas als Zentrum des Geschehens in Wohnumgebungen beschrieben. Unter dieser Annahme stellt das Sofa einen idealen Ort zur Gewinnung von Informationen dar. Außerdem wurde herausgestellt, dass die Größe des Sofas viel Spielraum für die parallele Erprobung unterschiedlicher Sensorkonzepte bietet.

In mehreren Abschnitten werden diese Sensorkonzepte in Kapitel 4.5 vorgestellt. Zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten der Sensoren in anderen Möbeln werden in den Kapiteln 4.1 bis 4.4 vorgestellt.

In der interdisziplinären Zusammenarbeit mit Ann-Kathrin Weiss aus dem Studiengang Bekleidung- Technik und Management, konnten besondere Elektroden aus leitenden Textilien für kapazitive Sensoren erprobt werden. Zusätzlich entstand in der Zusammenarbeit mit Ann-Kathrin Weiss die in Kapitel 3.3.4 beschriebene Sensormatrix. Diese Sensormatrix bot einen wagen Blick in die Fähigkeiten der in Kapitel 3.3.1 als optimal beschriebenen Sensoren und bietet einen Ansatz, der sich weit von den übrigen hier vorgestellten Sensoren

unterscheidet. Zusätzliche Informationen zu den gefertigten Sensoren können in der Bachelorarbeit von Ann-Kathrin Weiss [Weiss \(2011\)](#), nachgelesen werden.

Alle entstandenen Sensoren gewinnen Informationen über Positionen und Ausrichtungen von Personen auf dem Sofa. Die Unterschiedlichkeit der Sensoren ermöglicht eine Auswahl nach unterschiedlichen Kriterien. Dadurch steigen die Möglichkeiten, Möbel in Bestandswohnungen mit kontextsensitiven Möbeln aufwerten zu können.

Die entstandene Software, die in Kapitel [5.1](#) vorgestellt wird, ist zu großen Teilen sehr gut einsetzbar. Die entstandene Bibliothek für den Informationsaustausch mit dem Kommunikationsmodul der Anwendungssoftware ist gut in bestehende Programme auf Mikrocontrollern einsetzbar und beschleunigt die Anbindung an das System sehr stark. Überprüft wurde diese Beschleunigung der Abläufe beim Schreiben der embedded Software für die in Kapitel [3.3.4](#) vorgestellte Sensormatrix.

Die Anwendungssoftware beinhaltet eine sehr flexible Komponente für die Erfassung und Anpassung von Sensordaten aus seriellen Quellen oder dem Blackboard des Living Place Hamburg. Diese Flexibilität wurde durch die kapazitiven Sensor Systeme mehrmals geprüft und verbessert.

Der zweite Teil der Anwendungssoftware ermöglicht Entwicklern einen direkten Zugriff auf die Daten der im System verbauten Sensoren. Drei Informationen können vom System ausgegeben werden: Aktuelle Messwerte, Messwerte im Verlauf der Zeit und Messwerte in Relation zu einander und ihrer Position. Aktuelle Messwerte erscheinen in einer Leiste an der rechten Seite des Fensters. Das Hauptfenster zeigt den Verlauf der Messwerte in der Zeit anhand eines Diagramms, welches stetig aktualisiert wird. Alternativ zeigt das Hauptfenster eine 3D Repräsentation des Sofas mit davor liegendem Teppich und der am System angeschlossenen Sensoren.

Mit diesen Funktionen stellt die Software ein sehr gutes Werkzeug dar, um ein Gefühl für die Sensoren zu bekommen oder Fehler an den Sensoren zu finden und beheben zu können. Dieser Überblick über die Sensoren soll es nachfolgenden Entwicklern ermöglichen, aufbauend auf der vorhandenen Sensorik, kontextsensitive Möbel zu schaffen.

Mit der Implementierung der in Kapitel [4.1](#) beschriebenen Sturzerkennung wurde gezeigt, dass Algorithmen über einen Plugin Mechanismus leicht in das System geladen und genutzt werden können. Gleichzeitig ermöglicht die Darstellung der Sensorwerte, Besuchern des Living Place Hamburg, die Funktionsweise des Systems zu erläutern.

Nicht gut gelungen ist die Erweiterbarkeit der 3D-Ansicht. Wie in Kapitel [5.3](#) beschrieben, ist die Ergänzung der Grafik um neue Sensoren kompliziert. Für die Anzeige von Ereignissen auf der 3D-Ansicht, ist der Mechanismus jedoch noch zu kompliziert, da das Mapping des Sensornamens im Modell und der Software händisch durchgeführt werden müssen.

Hier wäre ein Ansatz besser gewesen, der die bestehende Funktionalität über Tests dokumentiert. Wären diese Tests logisch richtig aufgebaut, gäbe es eine genaue Anleitung für die Ergänzung von Sensoren.

Gemeinsam bieten die in dieser Arbeit entstandene Soft- und Hardware eine gute Basis für die Schaffung kontextsensitiver Möbel.

Damit beginnt der Ausblick, den diese Arbeit ermöglicht. Für die Nutzung des Sofas als Quelle für Kontext, sollte im ersten Schritt eine Entscheidung zu Gunsten eines der Sensormodelle gefällt werden und dieses in alle Sitzpositionen integriert werden. Durch die Nutzung einer einzigen Technologie können die Kontextinformationen besser genutzt werden, da für die gesamte Fläche gleichförmige Daten entstehen.

Empfohlen wird hier der Balancesensor, da dieser mit den direkt zugänglichen Mitteln des Fachbereichs Informatik leicht gefertigt werden kann.

Mit einheitlichen Sensoren im Sofa könnten Ideen wie die intelligente Leselampe realisiert werden. Bei der intelligenten Leselampe wird das Licht über der Person auf dem Sofa aktiviert, wenn diese beispielsweise ein eBook startet.

Da der CapSense Sensor nicht mehr auf dem Markt besorgt werden kann, sollte dieser entweder selber gefertigt werden oder eine Alternative gefunden werden. Sollte der CapSense Sensor nach den vorhandenen Plänen in Eigenregie gefertigt werden, macht es Sinn, die auf Seite 3.3.3 beschriebenen Schwächen zu beseitigen. Besonders die runden Formen sollten durch eckige ersetzt und Bohrungen für Befestigungen vorgesehen werden. Der Ansatz mit USB-Kabel ist für Prototypen in Ordnung. Für den ernsthaften Einsatz sollten diese jedoch durch Stecker ersetzt werden, die eine Arretierung haben. Der Ansatz für einen neuen Sensor aus der Arbeit von Philipp Teske klingt sehr viel versprechend.

Ein interessantes Gebiet für eine weitere Kooperation mit dem Department Design, könnte die Erweiterung der entwickelten Sensormatrix sein. Besonderes Augenmerk sollte hier auf den Ersatz der Folie durch ein textiles Medium sein. Ein größerer Sensor hat das Potential, Sitzgesten zu erkennen. Das wäre besonders interessant für die Erkennung, ob ein Mensch auf dem Sofa eingeschlafen ist.

Ein interessanteres Szenario stellt der Gang vom Sofa in die Küche, während eines Konzertes im Fernsehen dar. Da hier die Bilder nicht zwangsläufig von Bedeutung sind, der Ton aber schon, könnte eine intelligente Umgebung entscheiden, den Ton mit dem Bewohner zu regeln. Hierfür wäre eine frei bedienbare Audioanlage notwendig, bei der das Level der Lautsprecher durch das Living Place verändert werden kann. Dolby 7.1 Verstärker mit iPhone Zugang sind auf dem Markt verfügbar.

Beim oben beschriebenen Szenario wäre eine halbwegs genaue Positionsinformation notwendig, die auch für andere Projekte interessant ist. Diese Positionsinformation könnte mit einem intelligenten Boden gewonnen werden.

Wird ein intelligenter Tisch oder der im Living Place in Planung befindliche interaktive Küchentresen realisiert, sollte überprüft werden, ob diese auch mit einer dünnen, leitenden Folie überzogen funktionieren. Ist das der Fall, sollte eine solche Folie über den Tisch geklebt werden. Diese sollte wie der DimondTable funktionieren (vgl. [Dietz und Leigh, 2003](#), Seite 5f). Zusätzlich könnte der Balancesensor beim Tisch eingesetzt werden, um die Ideen aus Kapitel [4.3](#) zu überprüfen.

# Literaturverzeichnis

- [Badger 2008] BADGER, Paul: *Capacitive Sensing Library*. web. 2008. – URL <http://www.arduino.cc/playground/Main/CapSense>
- [für Datenschutz Schleswig-Holstein und Institut für Wirtschaftsinformatik der Humboldt-Universität zu Berlin 2006] BERLIN, Unabhängiges L. für Datenschutz Schleswig-Holstein und Institut für Wirtschaftsinformatik der Humboldt-Universität zu: *TAUCIS – Technikfolgen-Abschätzung Ubiquitäres Computing und Informationelle Selbstbestimmung*. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein, 2006. – URL <https://www.datenschutzzentrum.de/taucis/>
- [Chan u. a. 2008] CHAN, Marie ; ESTÈVE, Daniel ; ESCRIBA, Christophe ; CAMPO, Eric: A review of smart homes-Present state and future challenges. In: *Comput. Methods Prog. Biomed.* 91 (2008), July, S. 55–81. – URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1377032.1377113>. – ISSN 0169-2607
- [Dietz und Leigh 2003] DIETZ, Paul ; LEIGH, Darren: *DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology*. 2003. – Mitsubishi Electric Research Laboratories
- [Dreschke 2008] DRESCHKE, Oliver: *Der intelligente Stuhl*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Anwendungen 1, 2008
- [Dreschke 2009a] DRESCHKE, Oliver: *Projektbericht Masterprojekt 1, Bericht über die Entwicklungen zu den Projekten „Persönlichkeitsdetektor“ und „Netz“*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Projektbericht Masterprojekt, 2009
- [Dreschke 2009b] DRESCHKE, Oliver: *Projektbericht Masterprojekt 2, Umsetzung eines „intelligenten Stuhls“ als Beispiel für das Computational Furniture*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Projektbericht Masterprojekt, 2009
- [Driller u. a. 2009] DRILLER, Elke ; KARBACH, Ute ; STEMMER, Petra ; GADEN, Udo ; PFAFF, Holger ; SCHULZ-NIESWANDT, Frank: *Ambient Assisted Living, Technische Assistenz für Menschen mit Behinderung*. Lambertus, 2009. – ISBN 978-3-7841-1948-9
- [Ellenberg 2010] ELLENBERG, Jens: *Ein Wecker in einem ubicom Haus*. web. 2010

- [Fraden 2003] FRADEN, Jacob: *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications (Handbook of Modern Sensors)*. SpringerVerlag, 2003. – ISBN 0387007504
- [Gehn 2007] GEHN, Stefan: *Projektbericht, Evaluation einer infrarotbasierten Multitouch-hardware*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Projektbericht, 2007
- [imf electronic gmbh 2011] GMBH imf electronic: *Kapazitive Sensoren*. web. 2011. – URL [http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm\\_PT\\_Kapazitive\\_Sensoren\\_DE\\_V33/\\$file/ifm\\_PT\\_Kapazitive\\_Sensoren\\_DE\\_V33.pdf](http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_PT_Kapazitive_Sensoren_DE_V33/$file/ifm_PT_Kapazitive_Sensoren_DE_V33.pdf)
- [Hardenack 2009] HARDENACK, Frank: - *Das intelligente Bett - Interpretation von Schlafphasen als Beispiel für Bodymonitoring im Living Place Hamburg*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Vortrag Anwendungen 1, 2009
- [Hardenack 2010a] HARDENACK, Frank: *Projektbericht Masterprojekt 1, Bodymonitoring in Smart Homes*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Projektbericht Masterprojekt, 2010
- [Hardenack 2010b] HARDENACK, Frank: *Projektbericht Masterprojekt 2, Kapazitive BodySense Funktionen in der Praxis*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Projektbericht Masterprojekt, 2010
- [Kamel Boulos u.a. 2009] KAMEL BOULOS, Maged N. ; LOU, Ricardo C. ; ANASTASIOU, Athanasios ; NUGENT, Chris D. ; ALEXANDERSSON, Jan ; ZIMMERMANN, Gottfried ; CORTES, Ulises ; CASAS, Roberto: Connectivity for Healthcare and Well-Being Management: Examples from Six European Projects. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 6 (2009), Nr. 7, S. 1947–1971. – URL <http://www.mdpi.com/1660-4601/6/7/1947/>. – ISSN 1660-4601
- [Kivikunnas u.a. 2010] KIVIKUNNAS, Sauli ; STRÖMMER, Esko ; KORKALAINEN, Marko ; HEIKKILÄ, Tapio ; HAVERINEN, Mikko: Intelligent Furniture and Their Ubiquitous Use Scenarios. In: *AALIANCE conference- Malaga, Spain* (2010)
- [Klack u. a. 2010] KLACK, Lars ; MÖLLERING, Christian ; ZIEFLE, Martina ; SCHMITZ-RODE, Thomas: Future Care Floor: A Sensitive Floor for Movement Monitoring and Fall Detection in Home Environments. In: *Wireless Mobile Communication and Healthcare, Second International ICST Conference, Mobile Health 2010* (2010), S. 211–218
- [Kling 2005] KLING, R.M.: Intel Motes: advanced sensor network platforms and applications. In: *Microwave Symposium Digest, 2005 IEEE MTT-S International*, 2005, S. 4 pp.. – ISSN 01490-645X

- [Kriegsmann 2010] KRIEGSMANN, Edo: *Kaskadierbare berührungssensitive reaktive Flächen mit Objektidentifizierung*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Bachelorarbeit, 2010
- [Kärki 2009] KÄRKI, Satu: *Film-type Sensor Materials in Measurement of Physiological Force and Pressure Variables*. Tampereen teknillinen yliopisto - Tampere University of Technology, 2009. – ISBN 978-952-15-2265-9
- [Lubrin u. a. 2006] LUBRIN, E. ; LAWRENCE, E. ; ZMIJEWSKA, A. ; NAVARRO, K.F. ; CULJAK, G.: Exploring the Benefits of Using Motes to Monitor Health: An Acceptance Survey. In: *Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies, 2006. ICN/ICONS/MCL 2006. International Conference on*, 2006, S. 208
- [Lyytinen und Yoo 2002] LYYTINEN, Kalle ; YOO, Youngjin: Introduction. In: *Commun. ACM* 45 (2002), December, S. 62–65. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/585597.585616>. – ISSN 0001-0782
- [Meggle und Wallmeyer 2009] MEGGLE, Martin ; WALLMEYER, Mario: *Anordnung von Halbleiterchips in einem mehrlagigen Bodenbelag*. 2009
- [Möllering u. a. 2009] MÖLLERING, Christian ; KASUGAI, Kai ; RUSSEL, Peter ; STACHELHAUS, Thomas: *Patentidee Intelligentes Raumband*. web. 2009. – URL <http://www.humtec.rwth-aachen.de/files/raumband.pdf>
- [Noll u. a. 2008] NOLL, Heinz-Herbert ; DITTMANN, Jörg D. ; WEICK, Stefan D. ; SCHEUER, Angelika D. ; BRAUN, Michael ; BLOHM, Michael ; WASMER, Martina ; SCHOLZ, Evi D. ; HABICH, Roland D. ; POLLAK, Reinhard ; WESSELS, Bernhard D. ; SCHUPP, Jürgen Prof. D. ; FRICK, Joachim R. D. ; SPIESS, C. Katharina Prof. D. ; SCHUBERT, Judith ; GÖBEL, Jan D. ; GRABKA, Markus D. ; HOLST, Elke D. ; KRAUSE, Peter D. ; TUCCI, Ingrid D. ; ANDERSEN, Hanfried D. ; BECKER, Rolf Prof. D. ; CHRISTOPH, Bernhard ; FUCHS, Dieter Prof. D. ; GLATZER, Wolfgang Prof. D. ; GERALDINE, Hallein-Benze ; ROLLER, Edeltraud Prof. D. ; SCHWARZE, Johannes Prof. D. ; SPELLERBERG, Annette Jun.-Prof. D.: *Datenreport 2008, Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland*. Bundeszentrale für politische Bildung, 2008
- [Ostermeier 2009] OSTERMEIER, Christian: *Die Zukunft des (Ambient) Assisted Living, Eine Bewertung von Konzepten hinsichtlich Alltags- und Markttauglichkeit*, Universität Potsdam Institut für Informatik, Diplomarbeit, 2009
- [Papakostas 2007] PAPAOSTAS, T.V.: Tactile sensor: stretching the limits. In: *Intelligent Environments, 2007. IE 07. 3rd IET International Conference on*, 2007, S. 472 –476. – ISSN 0537-9989

- [Papakostas u. a. 2002] PAPAΚOSTAS, T.V. ; LIMA, J. ; LOWE, M.: A large area force sensor for smart skin applications. In: *Sensors, 2002. Proceedings of IEEE, 2002*
- [Perner-Wilson 2011] PERNER-WILSON, Hannah: *Handcrafting Textile Sensors from Scratch*. web. 2011. – URL <http://ebookbrowse.com/mitmas-962s10-1ec03-pdf-d126592511>
- [Polastre u. a. 2004] POLASTRE, Joseph ; SZEWCZYK, Robert ; SHARP, Cory ; CULLER, David: *The Mote Revolution: Low Power Wireless Sensor Network Devices*. online. 2004
- [Quinn 2010] QUINN, Bradley: *Textile Futures*. Berg, 2010. – ISBN 978-1-84520-807-3
- [Rahimi und Vogt 2008] RAHIMI, Mohammadali ; VOGT, Matthias: *Gestenbasierte Computerinteraktion auf Basis von Multitouch-Technologie*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Bachelorarbeit, 2008
- [Rahimi und Vogt 2011] RAHIMI, Mohammadali ; VOGT, Matthias: *Seamless Interaction - Natürliche Interaktionen in Smart Living Umgebungen*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Masterarbeit, 2011
- [Roman Steurer 2003] ROMAN STEURER, Philipp: *Design and Implementation of a Sensor-instrumented Table for Smart Spaces*, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, Los Angeles, Diplomarbeit, 2003
- [Steinhage und Lauterbach 2011] STEINHAGE, Axel ; LAUTERBACH, Christl: *Handbook of Research on Ambient Intelligence and Smart Environments: Trends and Perspectives*. IGI Global, 2011. – ISBN 1-61692-857-3
- [tactex ] TACTEX:
- [Tan u. a. 2001] TAN, Hong Z. ; SLIVOVSKY, Lynne A. ; PENTLAND, Alex: A sensing Chair Using Pressure Distribution Sensors. In: *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 6 NO.3* (2001), S. 261 – 268
- [Weiss 2011] WEISS, Ann-Kathrin: *Smart Textiles: Entwicklung textiler Sensoren für intelligente Umgebungen am Beispiel eines Sofas*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Bachelorarbeit, 2011
- [Wimmer u. a. 2007a] WIMMER, Raphael ; KRANZ, Matthias ; SEBASTIAN, Boring ; SCHMIDT, Albrecht: A Capacitive Sensing Toolkit for Pervasive Activity Detection and Recognition. In: *Pervasive Computing and Communications, 2007. PerCom '07. Fift Annual IEEE International Conference, 2007*, S. 171 –180. – ISBN 0-7695-2787-6
- [Wimmer u. a. 2007b] WIMMER, Raphael ; MATTHIAS, Kranz ; BORING, Sebastian ; SCHMIDT, Albrecht: *CapTable and CapShelf - Unobtrusive Activity Recognition Using Networked Capacitive Sensors*. 2007

[Wittern 2011] WITTERN, Hauke: *Konzeption, Entwicklung und Evaluierung einer Geschäftsprozessmodellierungsanwendung für Multitouch Geräte*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Masterarbeit, 2011

[Zhu u. a. 2003] ZHU, Manli ; MARTINEZ, Aleix M. ; TAN, Hong Z.: Template-based Recognition of Static Sitting Postures. In: *Proceedings of the 2003 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop (CVPRW'03)* (2003)

Driller u. a. (2009) Noll u. a. (2008) Ostermeier (2009) Chan u. a. (2008) Dreschke (2009a) Dreschke (2009b) Dreschke (2008) Hardenack (2009) Hardenack (2010a) Hardenack (2010b) Rahimi und Vogt (2011) Rahimi und Vogt (2008) Wittern (2011) Fraden (2003) Kriegsmann (2010) Meggle und Wallmeyer (2009) Roman Steurer (2003) für Datenschutz Schleswig-Holstein und Institut für Wirtschaftsinformatik der Humboldt-Universität zu Berlin (2006) Lyytinen und Yoo (2002) tactex Polastre u. a. (2004) Kling (2005) Kamel Boulos u. a. (2009) Lubrin u. a. (2006) Steinhage und Lauterbach (2011) Quinn (2010) Klack u. a. (2010) Möllering u. a. (2009) Ellenberg (2010) Tan u. a. (2001) Zhu u. a. (2003) Kärki (2009) Papakostas u. a. (2002) Papakostas (2007) Badger (2008) Wimmer u. a. (2007a) Wimmer u. a. (2007b) imf electronic gmbh (2011) Perner-Wilson (2011) Weiss (2011) Gehn (2007) Dietz und Leigh (2003) Kivikunnas u. a. (2010)

# Versicherung über Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §24(5) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 20. Juli 2011

Ort, Datum

Unterschrift