



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Diplomarbeit

Marc Delling

Entwicklung einer multimodalen Kontrolleinheit
für einen barrierefreien Multimedia PC

Marc Delling
Entwicklung einer multimodalen Kontrolleinheit für
einen barrierefreien Multimedia PC

Diplomarbeit eingereicht im Rahmen der Diplomprüfung
im Studiengang Technische 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 6. August 2008

Marc Delling

Thema der Diplomarbeit

Entwicklung einer multimodalen Kontrolleinheit für einen barrierefreien Multimedia PC

Stichworte

Ubiquitous Computing, Multimodale Interaktion, Bluetooth, Ambient Assisted Living, WebKit, MSP430, Fernbedienung

Kurzzusammenfassung

Intelligente Assistenzsysteme auf Basis von Elektronik, Mikrosystem- und Informationstechnik sollen insbesondere alte, kranke und pflegebedürftige Menschen zunehmend in ihrem individuellen Alltag unterstützen, für eine bessere Lebensqualität sorgen und ihre soziale Isolation vermindern. Diese Arbeit beschreibt den Entwurf und die Realisierung einer multimodalen Kontrolleinheit, eines Assistenzsystems für Senioren, anhand eines fiktiven Szenarios.

Marc Delling

Title of the paper

Development of a multimodal control unit for a barrier-free multimedia PC

Keywords

Ubiquitous Computing, Multimodal Interaction, Bluetooth, Ambient Assisted Living, WebKit, MSP430, Remote Control

Abstract

Intelligent systems, based on electronics, microsystems and information engineering shall assist people in their everyday lives. Especially the elderly, ill or those in need of care. These systems are designated to improve their quality of life and reduce social isolation. This thesis describes the design of a multimodal remote control, an assisted living system for elderly people, based on a fictional scenario.

*Meinem ungeborenem Kind,
meiner zukünftigen Frau
und den lieben Verwandten...*

Danksagung

Ich bedanke mich bei Prof. Dr. Kai v. Luck und Prof. Dr. Gunter Klemke für die Betreuung und Unterstützung dieser Diplomarbeit. Besonderer Dank geht an Kai v. Luck für die regelmäßige Kritik und die konstruktiven Anregungen.

Außerdem geht mein Dank an Gunter Lemm für die Hilfe bei der PCB-Herstellung und für den Crash-Kurs in Protel.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	8
Abbildungsverzeichnis	9
1 Einführung	11
1.1 Zielsetzung der Arbeit	13
1.2 Gliederung der Arbeit	13
2 Vision	14
2.1 Projekt Abendsonne	15
2.2 Szenario	16
3 Analyse	18
3.1 Use-Cases	18
3.1.1 Beschreibung der Akteure	18
3.1.2 Beschreibung der Use-Cases	21
3.2 Funktionale Anforderungen	22
3.3 Nicht-funktionale Anforderungen	23
3.3.1 Zuverlässigkeit	23
3.3.2 Fehlertoleranz	24
3.3.3 Ergonomie	24
3.3.4 Sicherheit	25
3.3.5 Langlebigkeit	25
3.3.6 Qualität des Entwurfs	25
3.4 Steuerungskonzept	26
3.4.1 Interaktion durch Tasten	26
3.4.2 Interaktion durch Sprache	27
3.4.3 Interaktion durch Gesten	28
3.5 Überblick vorhandener Technologien	29
3.5.1 Embassi	29
3.5.2 Wiimote	30
3.6 Ergebnis	32

4 Design	33
4.1 Auswahl der Funktechnologie	33
4.2 Modellierung der Komponenten	37
4.2.1 Softwarearchitektur	40
4.3 Modellierung des Verhaltens	41
4.3.1 Zustandsautomaten	41
4.3.2 Sequenzdiagramme	45
4.4 Multimodalität	47
4.5 IR Sender	48
4.6 Mikrocontroller	49
4.7 Energieversorgung	50
4.8 Gehäuse und Bauteile	51
4.9 Ergebnis	52
5 Realisierung	53
5.1 Machbarkeitsstudie	54
5.1.1 Tasten und Gesten	54
5.1.2 Sprache	57
5.1.3 Ergebnis	58
5.2 Schaltungsentwurf	58
5.2.1 3-Achsen Sensor	58
5.2.2 LED Treiber	60
5.2.3 Spannungsquelle und Laderegler	62
5.2.4 Bluetooth und PCM	65
5.2.5 Tastenmatrix	67
5.2.6 Mikrocontroller mit Komponenten	67
5.2.7 PCB Layout	70
5.3 Fazit	71
6 Zusammenfassung	73
6.1 Ausblick	74
Literaturverzeichnis	77
A Platine	81
B Stücklisten	84
B.1 Stückliste ICs	84
B.2 Stückliste sonstige Komponenten	84
Glossar	88

Tabellenverzeichnis

4.1	Übersicht der Wireless-Technologien (Wollert, 2002 , S. 288 (modifiziert)) . . .	34
5.1	Strombedarf aller Bauteile	62
5.2	Abschätzung des Platzbedarfs der Software im Mikrocontroller	68
B.1	Stückliste ICs	84
B.2	Stückliste sonstige Komponenten	84

Abbildungsverzeichnis

1.1	Alterstruktur in Deutschland im Jahre 2029 (Quelle: Statistisches Bundesamt (2006))	12
2.1	Übersicht Gesamtsystem	16
3.1	Anwendungsfalldiagramm des Szenarios	19
3.2	Detailliertes Anwendungsfalldiagramm für Sal	20
3.3	DECT-Telefon Grundig und IR-Fernbedienung Cyberhome	27
3.4	EMBASSI Benutzer (Quelle: Elting u. a. (2003))	30
3.5	Wii mit Wiimote (Quelle: Nintendo (2007))	31
4.1	Wireless-Technologien in unterschiedlichen Bereichen (Quelle: (Wollert, 2002 , S. 288))	35
4.2	Komponentendiagramm 3-Schichten-Architektur	37
4.3	Komponentendiagramm der Gesamtarchitektur	39
4.4	Client-Server-Anordnungen (Quelle: Tanenbaum und van Steen (2002))	40
4.5	Schichtenmodell der Softwarearchitektur	41
4.6	Zustandsdiagramm Systemstart	42
4.7	PIN-Eingabe mit Symbolen	43
4.8	Zustandsdiagramm Bluetooth-Pairing	44
4.9	Sequenzdiagramm Anwendungsfall Türklingel	45
4.10	Sequenzdiagramm Anwendungsfall Nachricht	46
5.1	MSP430F24x, MSP430F2410 (Quelle: Texas Instruments, Inc. (2007b))	53
5.2	Blockdiagramm der Kontrolleinheit	55
5.3	Bildschirmfoto WiiSen Testanwendung	56
5.4	Amber Entwicklerplatine	57
5.5	Schaltplan 3-Achsen Sensor	59
5.6	Schaltplan LED Treiber	61
5.7	RGB-LED (Quelle: OPTEK Technology, Inc. (2006))	62
5.8	Schaltplan Spannungsquelle	64
5.9	Schaltplan PCM und Bluetooth Modul	66
5.10	Schaltplan Tastenmatrix	67

5.11 Schaltplan Mikrocontroller mit Komponenten	69
5.12 3D Modell der bestückten Platine (Oberseite)	70
5.13 3D Modell der bestückten Platine (Unterseite)	71
A.1 Platinenlayout Oberseite	82
A.2 Platinenlayout Unterseite	83

1 Einführung

„Heh, wer spricht 'n da?“ [...] „Ich... dein Fön!“ Darüber war Susi Sorglos (im Sketch von Komiker Otto Waalkes) vor 30 Jahren noch verblüfft¹. Vor 15 Jahren wurde das Szenario euphorisch in die nahe Zukunft gerückt, vor 10 Jahren galt das Szenario nur noch als abschreckendes Beispiel dafür, wohin zu viele technophile Spinnereien führen können. Über neue Informations- und Kommunikationstechnologien und deren Nutzen läßt sich streiten. Der mitdenkende Kühlschrank ist vielen noch ein Begriff, der Anfang der 90er entstand und über den auch noch weit ins neue Jahrtausend hinein viel geschmunzelt wurde.

Oma Sal ist 70 Jahre alt und wäre um ein ganzes Stück Lebensqualität reicher, wenn sie die Milch heute nicht vergessen hätte, dabei hat sie doch eigentlich immer zwei Liter im Kühlschrank. Noch einmal gehen kann sie nicht, sie ist nicht mehr so gut zu Fuß. Besser wäre es wenn der Pflegedienst, der zweimal die Woche zum putzen und aufräumen vorbeischaut, die Einkäufe mitbringen könnte. Sinn und Unsinn einer Technologie ergibt sich manchmal erst aus dem Blickwinkel. Das Szenario, das vor einiger Zeit noch in den Bereich der Utopie gerückt wurde, könnte vielen Menschen (und es werden immer mehr) das Leben tatsächlich bereichern. Der demographische Wandel, dargestellt in Abbildung 1.1, ist ein EU-weites Phänomen, und führt zu völlig neuen gesellschaftlichen Herausforderungen.

Intelligente Assistenzsysteme auf Basis von Elektronik, Mikrosystem- und Informationstechnik sollen bei der Lösung helfen. Sie unterstützen den Menschen zunehmend in seinem individuellen Alltag und sorgen für eine bessere Lebensqualität. In dem Forschungs- und Anwendungsgebiet Ambient Assisted Living (AAL) werden intelligente Systeme entwickelt, die ein sicheres Leben im häuslichen Umfeld ermöglichen, die Haushaltsführung optimieren, kranke und pflegebedürftige Menschen unterstützen und die Kommunikation mit dem sozialen Umfeld verbessern. Mitdenkende Elektronikprodukte gehören ebenso dazu wie telemetrische Medizinsysteme, Mobilkommunikation und Internet.

Im Mittelpunkt von Ambient Assisted Living stehen die Handlungsfelder

- Gesundheit und HomeCare
- Sicherheit und Privatsphäre
- Versorgung und Hausarbeit

¹AAL Deutschland (<http://www.aal-deutschland.de/veranstaltungen/wenn-dein-fon-mit-dir-spricht>)

- Soziales Umfeld

Ambient Assisted Living hat darüber hinaus zum Ziel, die rasant steigenden Ausgaben für die Pflegeversicherung zu senken und hochqualifiziertes Pflegepersonal von Routinetätigkeiten zu entlasten (siehe [Zagler \(2006\)](#)).

Wenn man von intelligenten Assistenzsystemen spricht, muß auch die Mensch-Maschine-Interaktion betrachtet werden. Ein großes Forschungsfeld in diesem Bereich ist die Multimodale Interaktion, die sich mit intuitiven Formen der Daten Ein- und Ausgabe beschäftigt. Das bekannteste Beispiel für solch eine Entwicklung neuer Formen ist das Leitprojekt *SmartKom* des Bundesforschungsministeriums².

Die vorliegende Arbeit beschreibt einen Teil des Projektes Abendsonne der Firma Silpion³. Abendsonne ist ein durch die Hamburger Innovationsstiftung gefördertes Projekt, dass zum Ziel hat ein solches intelligentes Assistenzsystem, bestehend aus einem Multimedia PC in Form einer Set-Top-Box und einer Kontrolleinheit, zu entwickeln.

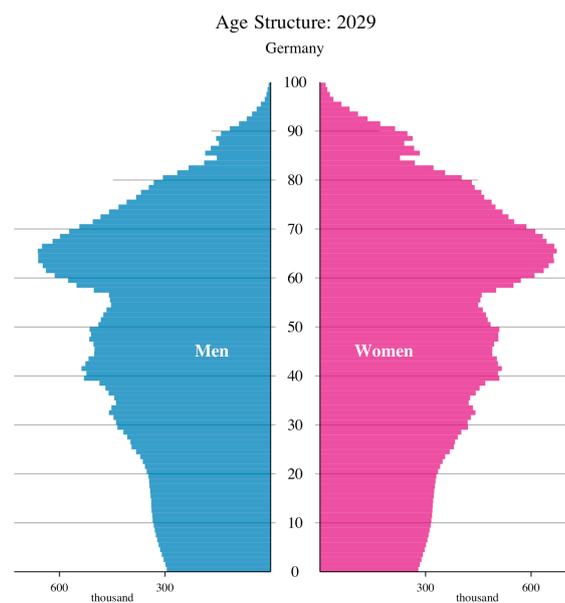


Abbildung 1.1: Alterstruktur in Deutschland im Jahre 2029 (Quelle: [Statistisches Bundesamt \(2006\)](#))

²SmartKom Grobarchitektur (http://www.smartkom.org/projekt_de_frames.pl?architek_de.html)

³Silpion IT Solutions GmbH (<http://www.silpion.de/>)

1.1 Zielsetzung der Arbeit

In dieser Arbeit soll eine Kontrolleinheit vom Aussehen einer klassischen Fernbedienung entstehen, die es alten und behinderten Menschen ermöglicht, über eine kleine Menge an Befehlen, eine barrierefreie Benutzeroberfläche auf einem herkömmlichen Multimedia PC oder einer Set-Top-Box zu bedienen. Die Bedienung soll multimodal, also über unterschiedliche Formen der Interaktion, erfolgen können. Die Modalitäten der Interaktion sollen dabei redundant und beliebig kombinierbar sein, sodass der Anwender diejenige Interaktion nutzen kann, die ihm am meisten liegt. Die Kontrolleinheit soll ein universelles Werkzeug sein, um die Bedienung eines Multimedia-PCs bei unterschiedlichsten Graden und Arten von Behinderungen, die mit dem Altern einhergehen, zu ermöglichen. Um dies zu erreichen, ist natürlich auch in der Anwendungssoftware auf Barrierefreiheit zu achten. Auf Paradigmen und Methoden der barrierefreien Softwareentwicklung wird jedoch nur eingegangen, wenn sie sich in geeigneter Weise auf das Hardwaredesign übertragen lassen.

1.2 Gliederung der Arbeit

In Kapitel 2 wird eine Vision beschrieben, die die Eckpunkte des Projektes Abendsonne der Firma Silpion enthält. Diese werden erläutert und es wird erklärt, welche Teile des Projektes Bestandteil dieser Arbeit sind und wo Schnittstellen zu anderen Teilen des Projektes vorliegen, die im Rahmen dieser Arbeit zwar nicht implementiert aber im Design berücksichtigt werden müssen.

Kapitel 3 definiert Anwendungsfälle auf Basis der in Kapitel 2 dargestellten Vision und legt die Anforderungen der Kontrolleinheit fest. Es werden andere Technologien auf dem Gebiet vorgestellt und untersucht, wie Multimodalität mit einer mobilen Kontrolleinheit aussehen kann.

Kapitel 4 führt durch den logischen Entwurf der Kontrolleinheit und setzt die aus Kapitel 3 gewonnenen Erkenntnisse um.

In Kapitel 5 wird der logische Entwurf um konkrete, im Handel erhältliche Komponenten erweitert. In einer Machbarkeitsstudie wird mit einem möglichst ähnlichen Gerät die Softwareschnittstelle eingeführt, um deren Funktion vor einer Realisierung der Hardware darstellen zu können und potentielle Schwierigkeiten vorab zu erkennen. Der letzte Teil des Kapitels beschreibt den konkreten Schaltungsentwurf und erläutert die verwendeten Komponenten und deren Zusammenspiel.

Kapitel 6 fasst die Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick.

2 Vision

Schon 1991 entwirft Mark Weiser die Idee einer Computertechnologie, die den Menschen in seinen alltäglichen Handlungen unterstützt. Die unter dem Begriff **Ubiquitous Computing** (Weiser (1991)) bekanntgewordene Forderung nach in den Hintergrund tretenden Computern, die sich den Kommunikationsformen des Menschen anpassen, ist ihrer Erfüllung in den letzten zwei Jahrzehnten erheblich näher gekommen.

Das UbiComp¹ Projekt der HAW beschäftigt sich unter anderem mit der Umsetzung dieser Forderung. Derzeit befaßt man sich dort intensiv mit der Konsolidierung und Verbesserung von Arbeitsumgebungen, in denen eine sehr hohe Informationsdichte für die arbeitenden Personen herrscht.

Ein weitere Entwicklung ist, dass Computer immer mehr in alltäglichen Geräten auftauchen, allgegenwärtig werden, ohne das die Bediener es merken. Man spricht dann auch vom **Disappearing Computer**, der Computer verschwindet vor den Augen der Anwender.

Aus der Allgegenwärtigkeit der Computer folgte die Forderung nach **Seamless Interaction** (vgl. Ishii u. a. (1994)), d.h. einer intuitiven (handbuchlosen) Mensch-Maschine Interaktion. Die Herausforderung ist dabei, geeignete Metaphern zu finden, die ein menschlicher Bediener als intuitiv empfindet, um eine bestimmte Tätigkeit auszuführen und die gleichzeitig von einem Computer als eindeutige Anweisung erkannt werden.

Das Forschungsgebiet **Multimodale Interaktion** gehört ebenfalls zum Bereich der Mensch-Maschine Interaktion. Hier werden Verfahren untersucht, um die Modalitäten der Interaktion des Menschen, hauptsächlich Sprache und Gestik, zur Interaktion mit Computern zu nutzen. Auch hier geht es darum Metaphern zu finden, die es dem Computer ermöglichen, die Anweisungen des Bedieners eindeutig zu interpretieren. Die große Herausforderung stellt sich aus dem Problem, dass der Mensch mehrere Modalitäten vermischt um zu interagieren und der Computer erst einen Kontext zwischen allen verwendeten Modalitäten herstellen muß, um diese Interaktion korrekt zu interpretieren.

Klassische multimodale Interaktionen beziehen sich meist auf ein normales Computersystem, bestehend aus Anzeige und Tastatur mit Maus, und fügen diesem eine weitere Interaktionsform, in Form von Sprache, hinzu. Andere multimodale Interaktionsformen sind z.B.

¹UbiComp der HAW Hamburg (<http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/>)

der Touchscreen, der der Metapher des Zeigens auf Gegenstände ähnelt, sowie Stiftbedienung bzw. Handschriftenerkennung, mit der die direkte Dateneingabe durch Schrift möglich wird.

Im Forschungsgebiet Ambient Assisted Living, einem potentiellen Anwendungsbereich für multimodale Interaktion, ist ein Ziel, multiple Modalitäten redundant für die Bedienung von Systemen verwenden zu können. Hier unterscheidet sich Ambient Assisted Living von der klassischen Seamless Interaction: das primäre Ziel ist, überhaupt eine Interaktionsmöglichkeit mit einem System zu haben. Eine Tätigkeit, die wir intuitiv mit einer bestimmten Modalität erledigen, z.B. Telefonieren via Hören und Sprechen, wird ein Hörbehinderter mit anderen Modalitäten besser erledigen. Während die eine Richtung der Kommunikation weiter über Sprache laufen kann, wäre es hier einfacher für den Hörbehinderten, die gehörten Sätze auf einem Bildschirm angezeigt zu bekommen. Auch für Sprachbehinderte gibt es Lösungswege, man denke an den Sprechcomputer von Stephen Hawking².

2.1 Projekt Abendsonne

Das Projekt Abendsonne soll ein erster Schritt sein im Wohnraum von Alten und Behinderten eine intelligente Umgebung zu schaffen, die ihren Bedürfnissen am Besten entspricht. Mit Hilfe der oben genannten Technologien und Erkenntnisse soll es diesen Menschen ermöglicht werden in einem gewissen Maße den Anschluss an die Gesellschaft und Technik zu finden bzw. nicht zu verlieren.

Die multimodale Interaktion soll genutzt werden, um Redundanzen der Bedienbarkeit von Computern zu schaffen, und somit eine Bedienung durch Menschen mit körperlichen oder geistigen Einschränkungen im vollem Maße zu ermöglichen.

Die multimodale Bedienung soll es den Nutzern, trotz vorhandener Einschränkungen, erlauben, ohne weitergehende technische Kenntnisse, die typische soziale Isolierung und die Verkümmern sozialer Kontakte in der primären Zielgruppe der Senioren zu überwinden, sowie ein erhöhtes Aktivitäts- und Freizeitangebot wahrnehmen zu können. Das anwendungsbezogene Ziel ist somit, die Lebensqualität der Zielgruppe im Allgemeinen zu erhöhen, sowie ihre Morbidität als auch Mortalität zu senken und das längere Verbleiben in der gewohnten Umgebung zu ermöglichen.

Am Ende der Entwicklung soll eine, insbesondere auf Senioren spezialisierte, Dienstleistung stehen, die die Bereiche Ambient Assisted Living, Infotainment und E-Commerce miteinander vereint. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei der Organisation des Bereiches der sogenannten *Kleinen Dienstleistungen und niedrighschwelligen Diensten* gewidmet.

²<http://www.hawking.org.uk/disable/dindex.html>

Das Kuratorium Deutsche Altershilfe ([Kuratorium Deutsche Altershilfe \(2005\)](#)) bemerkt dazu:

Viele ältere Menschen, deren körperliche, und manchmal auch geistige, Fähigkeiten nachgelassen haben, brauchen zunächst keine medizinische Pflege zu Hause, sondern Hilfen im Alltag: beim Einkaufen, bei der Haus- oder Gartenarbeit, beim Lesen und Spaziergehen, bei Reparaturen, Behördenangelegenheiten, Arztbesuchen und vielem mehr. Diese "kleinen Dienste" erleichtern den Alltag und können die Pflegebedürftigkeit hinauszögern oder verhindern.

2.2 Szenario

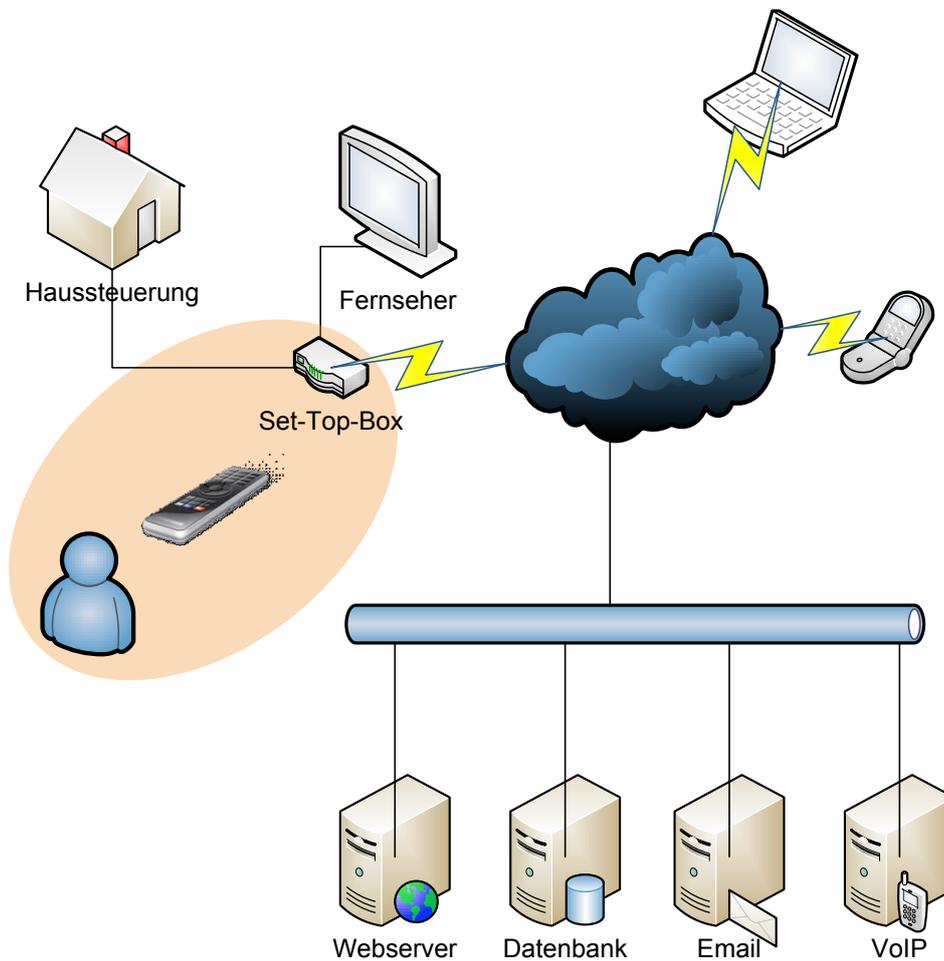


Abbildung 2.1: Übersicht Gesamtsystem

Abbildung 2.1 zeigt eine grobe Gesamtübersicht des Projektes Abendsonne. Die farblich hinterlegte Ellipse zeigt den Teil des Systems, der in dieser Arbeit abgehandelt werden soll.

Zum Aufstellen eines Szenarios bemühen wir noch einmal die in der Einleitung erwähnte Oma Sal. Sie ist die (gealterte) Protagonistin, die bereits in Mark Weisers Artikel ([Weiser \(1991\)](#)) seine Vision lebte.

Oma Sal wacht Sonntag morgens um sieben auf. Da sie Schwierigkeiten hat sich alleine aufzurichten, greift sie als allererstes zu ihrer Kontrolleinheit und schaltet den Fernseher ein, wählt in der Haussteuerung ihr Bett und geht auf die Funktion *Bett aufrichten*. Anschließend wählt sie die Funktion *Rolläden*, deutet mit der Kontrolleinheit nach oben und Tageslicht durchflutet den Raum.

Später klingelt es an der Tür. Sal, gerade in eine vormittägliche Fernsehsendung vertieft, wird das Bild der Türkamera eingeblendet. Vor der Tür steht ein etwas unheimlich aussehender, junger Mann. Zu dem Bild der Türkamera können Annotationen eingeblendet werden. Eine einfache Annotation wäre die Einblendung des Termins des Pflegedienstes, der etwa für diese Zeit in Sals Terminplaner eingetragen wurde. Eine fortgeschrittene Annotation wäre die Mitteilung, dass das System die Person vor der Tür als Mitarbeiter des Pflegedienstes identifiziert hat. Ein Drücken auf die grün leuchtende Taste der Kontrolleinheit öffnet dem Pflegedienst die Tür.

Gegen Mittag will sie ihre Enkelin anrufen und nachfragen, wann sie ankommt. Die 12-stellige Nummer kann sie sich seit 20 Jahren nicht mehr merken. Muß sie auch nicht. Sie greift einfach zu ihrer Kontrolleinheit und wählt das Bild der Enkelin aus. Ihre Enkelin nimmt nicht ab, also spricht Sal ihr stattdessen auf die Mailbox.

Wenig später blinkt eine Lampe auf Sals Kontrolleinheit, ihre Enkelin hat eine Nachricht per SMS hinterlassen. Sal fragt sich bis heute, wie junge Menschen in so kurzer Zeit soviel Text erzeugen können, vor allem auf einem Mobiltelefon, dessen Tasten sie nicht einmal lesen kann.

Sal verbringt einen schönen Nachmittag mit ihrer Enkelin. Am Abend, nachdem sie im Bett das Licht ausgeschaltet hat, legt sie die Kontrolleinheit zurück in die Ladestation, so wie sie es früher mit ihrem Telefon gemacht hat.

3 Analyse

In diesem Kapitel wird das vorgestellte Szenario aus Abschnitt 2.2 analysiert. Es werden die beteiligten Akteure identifiziert, Anwendungsfälle erzeugt und daraus Anforderungen abgeleitet. Es werden außerdem die Anforderungen definiert, die durch das Projekt Abendsonne festgelegt sind. Am Ende werden die Möglichkeiten der multimodalen Interaktion beschrieben und ein Überblick über andere Lösungen auf diesem Gebiet gegeben.

3.1 Use-Cases

Die Abbildungen 3.1 und 3.2 zeigen die Anwendungsfälle, die im, in Abschnitt 2.2 erdachten Szenario, vorkommen.

3.1.1 Beschreibung der Akteure

Aus dem Szenario der Vision können drei Akteure benannt werden. Nicht im Szenario erwähnt sind die Personen, die die Einrichtung und Administration übernehmen. Sie seien nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Sal Sal wohnt in einer 2-Zimmer-Wohnung. Aufgrund ihres Alters und damit einhergehenden, chronischen Erkrankungen, ist sie in ihren motorischen Fähigkeiten eingeschränkt. Sie hat einen Fernseher und ein Telefon. Sal nutzt die Kontrolleinheit. Im weiteren Verlauf der Arbeit ist auch von *Benutzer* die Rede, wenn Sal gemeint ist. Die Anwendungsfälle aus dem Szenario, die Sal betreffen, sind in Abbildung 3.2 noch einmal detailliert und vollständig dargestellt.

Enkelin Die Enkelin von Sal kommuniziert mit ihrer Großmutter bevorzugt über neue Kommunikationsmittel, wie z.B. Email oder SMS. Dazu nutzt sie ihr Mobiltelefon, ihren Computer oder irgendein Gerät mit Internetanschluß, das gerade zur Verfügung steht. Sie will ihre Großmutter an ihrem sozialen Leben teilhaben lassen, obwohl sie nicht ständig vor Ort bei ihrer Großmutter sein kann.

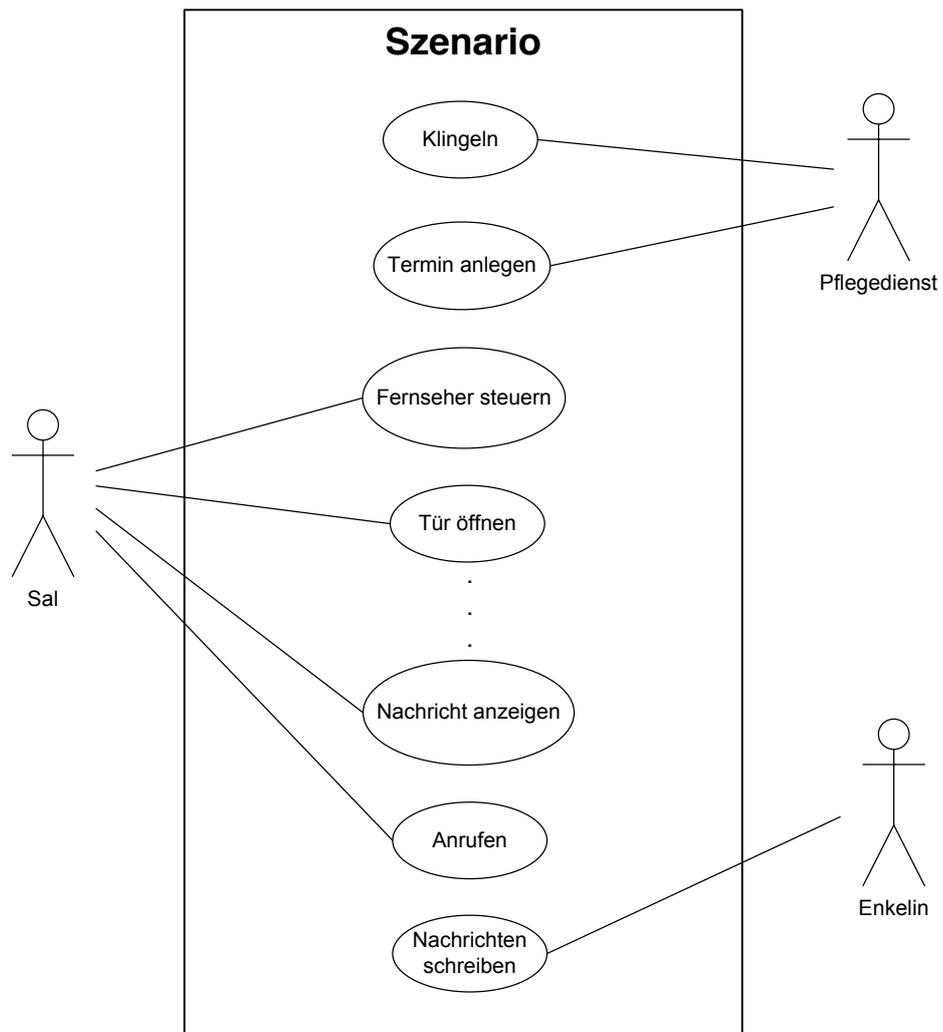


Abbildung 3.1: Anwendungsfalldiagramm des Szenarios

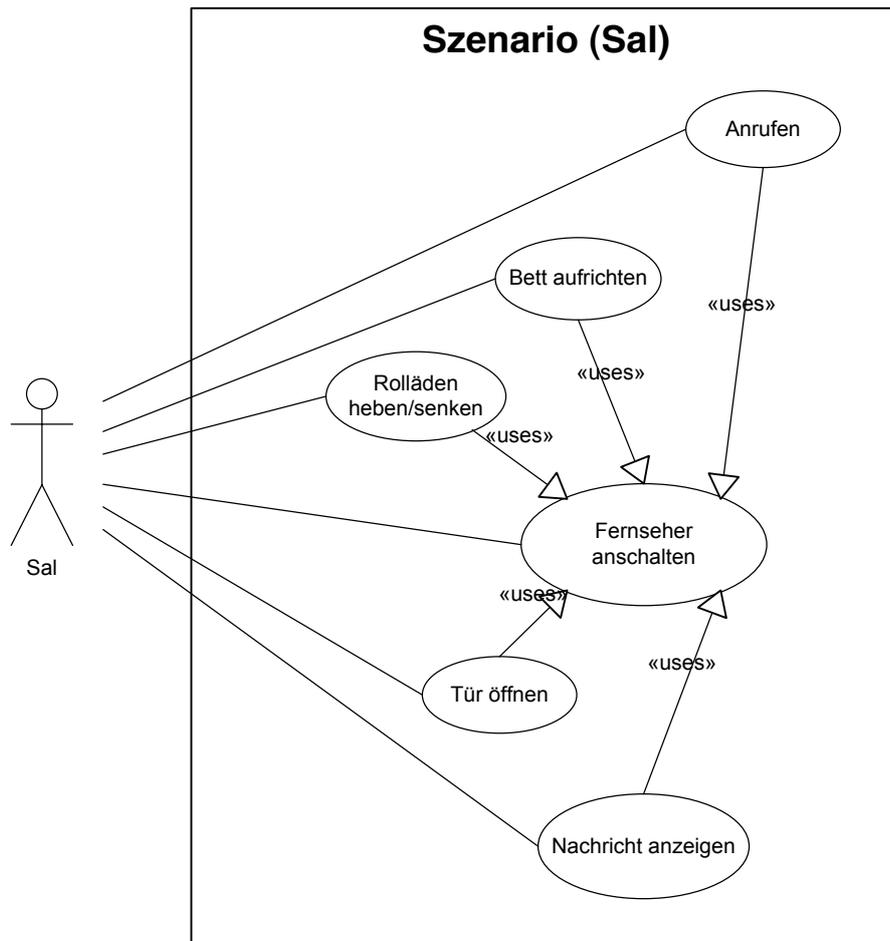


Abbildung 3.2: Detailliertes Anwendungsfalldiagramm für Sal

Pflegedienst Der Pflegedienst will eine möglichst effiziente und damit kostengünstige Kommunikation mit den von ihm betreuten Personen. Dabei hat der Pflegedienst das Interesse, ihr hochqualifiziertes Personal nur für Pflegeaufgaben einzusetzen, die eine derartige Qualifikation erfordern. Die sonstige Unterstützung im Alltag und eine medizinische Grundüberwachung sollen intelligente Systeme in der Wohnung übernehmen.

3.1.2 Beschreibung der Use-Cases

Im folgenden Abschnitt werden die Use-Cases aus dem Szenario beschrieben.

Klingeln Der Pflegedienst klingelt an der Haustür.

Termin anlegen Der Pflegedienst hat die Möglichkeit einen Termin anzulegen. Die intelligente Wohnung kann den Benutzer dann über den Termin informieren.

Fernseher steuern Sal kann elementare Funktionen des Fernsehers bedienen.

Tür öffnen Wenn an der Tür geklingelt wurde, kann Sal die Tür öffnen.

Dieser Anwendungsfall ist nicht unbedingt abhängig vom Anwendungsfall Fernseher bedienen, auch wenn dies im Szenario so beschrieben wurde. Die Anzeige des Ereignisses *Türklingel* wird durch Beleuchtung einer Taste der Kontrolleinheit und außerdem akkustisch signalisiert. Das Drücken der Taste öffnet die Tür. Nur wenn zusätzliche Informationen einblendet werden, wie z.B. das Bild der Türkamera, ist ein Anzeigegerät nötig.

Bett aufrichten Sal kann ihr Spezialbett aufrichten.

Rolläden heben/senken Sal kann die Rolläden der Wohnung steuern.

Nachricht anzeigen Sal kann erhaltene Nachrichten anzeigen.

Anrufen Sal kann jemanden anrufen.

Nachricht schreiben Sal's Enkelin kann ihrer Großmutter eine SMS schreiben.

3.2 Funktionale Anforderungen

In der folgenden Aufstellung sind die funktionalen Anforderungen aufgelistet, die sich aus dem Szenario ergeben, oder vom Projekt Abendsonne definiert wurden:

- Steuerung der intelligenten Wohnung
- lange Standzeit
- günstiger Preis
- Anschluß an einen handelsüblichen Fernseher über SCART, Composite Anschluss oder HDMI
- fortlaufende Anpassung an die Bedürfnisse des Benutzers
- Sprachkommunikation
- Notruffunktion
- Integration mit neuen Kommunikationsformen, wie Email, SMS
- Polymodale Eingabe
 - Sprache
 - Gesten
 - Tasten
- Polymodale Ausgabe
 - Sprache/Töne
 - visuell

Die folgenden funktionalen Anforderungen sind Konsequenzen des Szenarios bzw. vorangegangener Anforderungen.

Eine zuverlässige Steuerung und die Übertragung von Sprache ist nur über das Medium Funk möglich. Die Kommunikation zwischen Kontrolleinheit und Multimedia PC muß über eine Funkverbindung erfolgen.

Im Anwendungsfalldiagramm 3.2 wird deutlich, dass die Kontrolleinheit das als Anzeigegerät verwendete Fernsehergerät kontrollieren können muß. Zumindest ist es erforderlich, den Fernseher an- und ausschalten zu können. Wenn der Fernseher zur Anzeige gebraucht wird, ist es für den Benutzer nicht praktikabel, diesen separat anzuschalten, falls er aus ist.

Die Anforderung, über die Kontrolleinheit Meldungen zu erhalten, erfordert einen bidirektionalen Kommunikationskanal zwischen Kontrolleinheit und Multimedia PC, mit der Notwendigkeit die Funkverbindung zwischen den Geräten ständig zu erhalten. Daher kann von einem erhöhten Strombedarf der Kontrolleinheit ausgegangen werden. Im Szenario (2.2) ist zudem

beschrieben, dass die Kontrolleinheit wie ein schnurloses Telefon in einer Ladeschale liegt, wenn es nicht gebraucht wird. Für die Kontrolleinheit muß es also ein Stromversorgungskonzept geben, das folgende Bedingungen erfüllt:

- Schnelle Aufladung: die Kontrolleinheit muß immer betriebsbereit sein.
- Akku auswechselbar: die Kontrolleinheit muß schnell wieder betriebsbereit sein, auch wenn das Aufladen vergessen wurde.
- Erhaltungsladung: die Kontrolleinheit (bzw. der Akku) darf nicht beschädigt werden, wenn sie längere Zeit in der Ladeschale verbleibt.
- Vor Fehlbedienung geschützt: die Kontrolleinheit darf nicht zur Gefahr oder beschädigt werden, wenn unpassende Akkus (oder nicht wiederaufladbare Batterien) verwendet werden.

Trotz dieser Maßnahmen ist eine möglichst geringe Leistungsaufnahme eine weitere Anforderung, da auch eine möglichst lange Bereitschaftszeit außerhalb der Ladeschale wünschenswert ist.

3.3 Nicht-funktionale Anforderungen

3.3.1 Zuverlässigkeit

Bei Raasch ([Raasch, 1992](#), S. 24) ist zu lesen, dass die Zuverlässigkeit eines System der entscheidende Qualitätsmaßstab ist. Insbesondere gilt dies für *Systeme mit Sicherheitsverantwortung*, wozu man die Kontrolleinheit aufgrund seiner Schnittstellen zu einer Haussteuerung zählen kann.

Zuverlässig ist ein System, das seine Funktionen stets fehlerfrei erfüllt. Ein zuverlässiges System muß zudem auch robust sein. Robustheit bedeutet für ein System, dass es auch auf alle unvorhergesehenen Eingaben, z.B. durch Fehlbedienung, mit geeigneten Fehlermeldungen reagiert. Dies wird weiter ausgeführt unter Fehlertoleranz ([3.3.2](#)).

Fehler, die in Anwendungen auftreten, dürfen die Kontrolleinheit nicht in ihrer Funktion behindern. Beim Entwurf der Kontrolleinheit muß darauf geachtet werden, dass die verschiedenen Verarbeitungsschichten voneinander getrennt sind und sich nur über definierte Schnittstellen beeinflussen. Dies muß durch geeignete Maßnahmen des Software-Engineering sichergestellt werden.

Der Benutzer soll möglichst immer den Zustand des Systems anhand der Ausgaben ablesen können, ohne in ein "Trial-and-Error" Verhalten zu geraten, bei dem er wahllos alle Tasten

durchprobiert. Dies muß auch dann gewährleistet sein, wenn ein Fehler in einer Anwendung auftritt.

Auch muß auf eine mögliche Unsicherheit des Benutzers Rücksicht genommen werden. Der Benutzer sollte auf der Kontrolleinheit angezeigt bekommen, ob eine gewünschte Aktion ausgeführt werden kann, ob sie ausgeführt wurde, oder diese Aktion in einem bestimmten Kontext nicht möglich ist.

Möglich wäre dies über beleuchtete Tasten. Drückt der Benutzer beispielsweise auf eine Taste, die in diesem Kontext keine Aktion ausführt, könnte die Taste rot aufleuchten und ein Fehlerton abgespielt werden. Wenn der Benutzer vor eine Wahl gestellt wird, kann dies über eine Farbsymbolik hervorgehoben werden (eine grün leuchtende Taste für die "sichere", eine rot leuchtende Taste für die "unsichere" Entscheidung).

3.3.2 Fehlertoleranz

Eine Eingabe, die als Fehleingabe interpretiert wird, muß dazu führen, dass alle Steuerungsaktivitäten stoppen, bzw. unmittelbar in einen sicheren Zustand übergehen. Sicherer Zustand bedeutet dabei, dass das System so agiert, dass Personen und Material nicht gefährdet werden. Zu interpretieren, ob eine Fehleingabe vorliegt, oder ein System in den sicheren Zustand zu überführen ist, ist nicht Aufgabe der Kontrolleinheit. Wenn jedoch Funktechnologie verwendet wird, muß dieser sichere Zustand auch erreicht werden, wenn die Funkverbindung abbricht. Der verwendete Funkstandard muß daher gewährleisten können, zeitnah einen Verbindungsabbruch zu erkennen. Die Kontrolleinheit muß in der Lage sein dem Benutzer derartige Fehlerzustände unmittelbar anzuzeigen (vgl. (Raasch, 1992, Seite 37)).

3.3.3 Ergonomie

Die Steuerung soll einfach und intuitiv sein. Die Funktionen für den alltäglichen Umgang mit dem System sind über die Kontrolleinheit zugänglich. Konfiguration und Administration sollen, bis auf ein paar rudimentäre Funktionen zur Grundeinrichtung des Systems, per Fernadministration über das Netzwerk erfolgen, da die Kontrolleinheit sich nicht für komplizierte Eingaben eignet. Selbst wenn die Bedienoberfläche so etwas wie eine virtuelle Tastatur anbieten würde, wäre ein Umgang mit ihr für die ins Auge gefaßte Nutzergruppe zu kompliziert. Hannes Osius (Osius, 2006, Seite 31) beschreibt dieses Problem mit Hilfe eines Videorekorders: Die Wiedergabefunktion ist meist intuitiv nutzbar, während die Programmierfunktion es nicht ist. Dieses Problem ist im vorliegenden Fall noch verschärft. Es soll davon ausgegangen werden, dass die Personen, die im alltäglichen Umgang das System nutzen, gar nicht mehr in der Lage sind, mit komplizierteren Funktionen umzugehen.

3.3.4 Sicherheit

Aus der Anforderung Sprache und Steuerinformationen zu übertragen, ergibt sich die Anforderung nach Vertraulichkeit und Datenintegrität. Im häuslichen Bereich ist immer mit Störern und Personen zu rechnen, die unbefugt in die Privatsphäre einzudringen versuchen. Für die Sprachübertragung muß die Vertraulichkeit durch Authentisierung und Verschlüsselung der Funkstrecke sichergestellt werden. Für die Kommunikation mit den Systemen der intelligenten Wohnung, ist streng genommen keine Verschlüsselung erforderlich, allerdings ist eine Authentisierung der Kontrolleinheit bei allen steuerbaren Systemen notwendig, um eine Manipulation durch unbefugte Dritte auszuschließen (vgl. (Raasch, 1992, Seite 38)).

3.3.5 Langlebigkeit

Die Kontrolleinheit soll eine Standzeit, also den Zeitraum, in dem sie aktiv genutzt wird, von mehreren Jahren erreichen.

Damit sich die Kosten für das System amortisieren können und damit die Akzeptanz bei den Benutzern erhöht wird, sollen die Hardwarebestandteile langlebig sein. Diese Langlebigkeit beinhaltet eine robuste und leicht zu handhabende Bauweise.

3.3.6 Qualität des Entwurfs

Aus Entwicklersicht sollten die folgenden Anforderungen an die Qualität beachtet werden (vgl. (Raasch, 1992, S. 30-37)):

Erweiterbarkeit Das System sollte so entwickelt werden, dass es sich auch nach jahrelangem Betrieb noch möglichst leicht erweitern lässt, um so auch die zukünftigen Ansprüche der Anwender umsetzen zu können.

Für den Bereich Ambient Assisted Living sind insbesondere Geräte interessant, die zur medizinischen Überwachung dienen, sowie spezielle Eingabegeräte für Behinderte. Daher muß ein Funkstandard gewählt werden, der weit verbreitet ist, offen standardisiert ist, gut dokumentiert ist und viele andere Geräte unterstützt. Zudem muß dieser Standard eine breite Unterstützung in der Industrie bzw. bei den entsprechenden Geräteherstellern haben.

Wartbarkeit In dem System soll ein Fehler schnell gefunden und behoben werden können. Die Voraussetzung dafür ist eine gute Testbarkeit des Systems. Insbesondere bei den Prototypen der Kontrolleinheit müssen geeignete Funktionen zum Testen vorgesehen werden.

Wiederverwendbarkeit Teile des System sollten in einem anderen System wieder verwendbar sein. Beispielsweise kann dies sichergestellt werden, indem vorhandene Standards benutzt werden.

Um diese Qualitätskriterien einzuhalten, bietet sich die Verwendung von Entwurfsmustern (Design-Pattern) an, wie sie im Software-Design üblich sind. Obwohl es in dieser Arbeit um die Entwicklung der Kontrolleinheit geht, muß beim logischen Entwurf das ganze System betrachtet werden. Des weiteren kann die Nutzung von offenen Standards zur Einhaltung der Qualitätskriterien beitragen, insbesondere durch Standards, die durch Konsortien oder Expertengruppen verwaltet werden. Beispiele für solche Konsortien und Expertengruppen sind z.B. USB (Intel), Bluetooth (Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba und Intel), Moving Pictures Expert Group (MPEG). Diese offenen Standards sind nicht zu verwechseln mit OpenSource oder ähnlichem, da die Nutzung dieser Standards durchaus an Patente oder Lizenzen gebunden sein kann. Die Dokumentationen und Spezifikationen sind jedoch meist sehr gut und frei verfügbar. Die Zahlung von Lizenzgebühren ist oftmals an Zertifizierungen gebunden, oder wird erst fällig, wenn man das Logo des Standards auf sein Gerät drucken will.

3.4 Steuerungskonzept

Der folgende Abschnitt erläutert, welche Möglichkeiten es zur multimodalen Interaktion gibt und nennt unterschiedliche Konzepte, insofern diese vorhanden sind. Ziel ist es, zu erkennen, welche Konzepte zur Steuerung in der Kontrolleinheit verwendet werden können, bzw. welche im beschriebenen Szenario vermutlich die besten Ergebnisse liefern werden.

3.4.1 Interaktion durch Tasten

Eine klassische Fernbedienung mit Tasten kann heutzutage bei allen Generationen als bekannt angesehen werden. Bei alten Menschen kann es vorkommen, dass ihnen die Tasten zu klein sind oder die Druckpunkte nicht ausreichend spürbar sind, sodass eine Unsicherheit bei der Bedienung auftritt. Durch geeignete Bauteile als Taster kann dies vermieden werden. Zu jedem Tastendruck soll es zudem die Möglichkeit geben, auf der Kontrolleinheit visuelle und akustische Rückmeldungen zu erzeugen. Gemein haben alle Tastenkonzepte mittlerweile das sogenannte Steuerkreuz, bestehend aus vier Richtungstasten, meist mit Pfeilen gekennzeichnet, und einer Bestätigungstaste in der Mitte.

Das Abendsonne Projekt definiert hier den Bedarf auf genau neun Tasten.



Abbildung 3.3: Links: DECT-Telefon Grundig (2006) Rechts: IR-Fernbedienung Cyberhome (2000)

3.4.2 Interaktion durch Sprache

Sprache zur Interaktion mit einem Computer zu verwenden birgt ein enormes Potential, nicht nur zur Steuerung von Computern, sondern primär zur Eingabe von Texten. Viele namhafte Firmen und Hochschulen sind in diesem Forschungsgebiet aktiv und es gibt kommerzielle Systeme, die eine gute Spracherkennung leisten. Spracherkennungssysteme werden unterschieden in sprecherabhängige und sprecherunabhängige Spracherkennung. Ein sprecherabhängiges System muß vorher durch den Benutzer trainiert werden. Der Benutzer, der das System trainiert hat, ist der einzige der es danach auch nutzen kann. Der erkannte Wortschatz ist dann aber signifikant größer als bei einem sprecherunabhängigem System, das kein Training erfordert (vgl. (Fischer, 2007, Kapitel 3.4.4)).

Während z.B. für Sehbehinderte eine Sprachsteuerung, insbesondere mit Sprachausgabe, eine enorme Verbesserung der Usability bringt, und dadurch auch die Motivation zum Training eines sprecherabhängigen Systems hoch ist, kann beim Rest der Zielgruppe von einer höheren Hemmschwelle ausgegangen werden, solange andere Techniken sich als leichter erlernbar und zuverlässiger erweisen. Ein System, das angelernt werden muß, erfordert genaues Befolgen der Anweisungen oder die Anleitung durch qualifiziertes Personal.

Die folgenden Punkte beschreiben Möglichkeiten zur Spracheingabe in einem System.

Spracheingabe mit Handset

Ein Handset ist ein Handgerät, wie z.B. ein schnurloses Telefon. Der Vorteil ist eine gute Sprachqualität. Auch die Benutzung ist jedem vertraut. Besonders bei alten Menschen ist es von Vorteil, sie mit bekannten Metaphern zu konfrontieren. Von Nachteil ist, dass man das Gerät bei sich tragen muß.

Spracheingabe mit Headset

Kopfhörer und Mikrofon werden, über einen Bügel verbunden, am Kopf getragen. Der Nachteil des Headsets ist, dass es auf Dauer unbequem zu tragen ist. Durch die Nähe und Ausrichtung an Mund und Ohr ist hier jedoch die beste Sprachqualität zu erwarten.

Spracheingabe mit Raummikrofon

Das Raummikrofon bietet die schlechteste Qualität, da hier möglicherweise eine große räumliche Distanz zum Sprecher besteht, wodurch die Sprachqualität beeinträchtigt wird und viele Störquellen auftreten können. Die Sprachausgabe muß dann ebenfalls durch im Raum aufgestellte Lautsprecher erfolgen, wodurch akkustische Rückkopplungen entstehen. Der Vorteil ist, dass es unnötig wird, ein Gerät mit sich zu tragen.

3.4.3 Interaktion durch Gesten

Die Interaktion durch Gesten kann eine wichtige Ergänzung zur Seamless Interaction sein. Insbesondere bei alten Menschen, die unsicher in der Bedienung sind, wäre es ein Vorteil auf instinktive Reaktionen, wie eine abwehrende Handbewegung oder ein Kopfschütteln, reagieren zu können, um eine irrtümlich ausgewählte Funktion abubrechen. Zeigegesten sind eine gute Möglichkeit intuitiv aus einer großen Menge von Funktionen zu wählen.

Möglichkeiten zur Gestenerkennung bieten im wesentlichen die folgenden zwei Verfahren.

Gestenerkennung mit Kamera

Die Gesten des Benutzers werden über eine Kamera aufgezeichnet, verarbeitet und interpretiert. Auch hier ist von Vorteil, dass der Benutzer kein Gerät bei sich tragen muß. Allerdings hat das System viele Nachteile, die nur mit großem Aufwand und nur teilweise kompensiert werden können. So müssen sich die Gesten innerhalb des Sichtbereichs der Kamera abspielen. Dafür muß der Bediener den Sichtbereich der Kamera jedoch kennen. Diesem Problem kann ein wenig abgeholfen werden, wenn sich die Kamera, erweitert um ein Motion-Tracking, dem Benutzer automatisch zuwendet. Die Verarbeitung der Gesten ist rechenintensiv und Störquellen, wie Lichtverhältnisse bzw. Sonneneinstrahlung, müssen beachtet werden. Zudem ist diese Lösung nicht mobil. Jeder Raum müßte mit einem entsprechenden Kamerasystem ausgestattet sein.

Gestenerkennung mit Beschleunigungssensor

Seit mehreren Jahren gibt es kostengünstige Sensoren als integrierte Schaltkreise, die Beschleunigungen in den drei Raumachsen zuverlässig messen können. Auch diese sind nutzbar um Gesten zu erkennen, wie z.B. bei Rekimoto ([Rekimoto \(1996\)](#)). Einen Überblick über die Theorie zur Gestenerkennung ist in einem Artikel von J. Boetzer ([Boetzer u. a., 2008](#), Kapitel 4) zu finden. Problematisch bei der Gestenerkennung mit Beschleunigungssensoren ist, die Bewegungen, die eine Steuerungsaktion auslösen sollen, von denen abzugrenzen, die keine Interaktion mit dem System zum Ziel haben. Physikalische Ursache ist immer die relative Bewegung des Beschleunigungssensors zur Erdbeschleunigung. Aus der Sicht des Benutzers betrachtet, kann man grob drei Ursachen unterscheiden, die Problem bereiten können:

- Bewegung der Fernbedienung ohne Steuerungsabsicht (z.B. Weglegen der Fernbedienung)
- Bewegungen die primär nicht die Fernbedienung betreffen, jedoch als Beschleunigungskräfte eingreifen (z.B. Aufstehen, Umdrehen)
- speziell bei alten Menschen: Tremorerkrankungen

Einfache und intuitive Gesten, die mit einem Beschleunigungssensor erkannt werden könnten, wären beispielsweise: nach oben oder nach unten zeigen, etwas zu sich ranziehen oder wegschieben, schütteln (als abwehrende Geste, wenn eine Aktion nicht gewünscht ist oder rückgängig gemacht werden soll). Mit der Thematik, wie Gesten mit einem Beschleunigungssensor erkannt werden können, beschäftigt sich aktuell Johann Heitsch ([Heitsch \(2008\)](#)) in seiner Arbeit.

3.5 Überblick vorhandener Technologien

Das folgende Beispiel betrachtet ein vorhandenes Eingabesystem aus dem Bereich AAL, welches die drei unterschiedlichen Eingabekonzepte, basierend auf den Modalitäten Tastendruck, Bewegung/Gestik und Spracheingabe, anwendet. Darauf folgt ein Beispiel aus der Spieleindustrie, das Bewegung/Gestik in das Spielkonzept integriert.

3.5.1 Embassi

EMBASSI ist ein anderes von 6 Leitprojekten der Mensch-Technik-Interaktion des Bundesministerium für Bildung und Forschung. Das Ziel von EMBASSI ist es, ein Assistenzkonzept zu entwickeln, das den Nutzer bei der Bedienung von Alltagstechnologie unterstützt.

Auch hier hat man erkannt, dass die Grenzen zwischen Fernsehgerät, Video- und DVD Abspielgerät und Computern immer mehr aufgehoben werden. Traditionelle Bedienelemente am Gerät oder konventionelle Fernbedienungen sind kaum in der Lage, den Umgang mit den verfügbaren Medien benutzerfreundlich zu gestalten und die steigende Zahl von Inhalten zu handhaben. Der Nutzer soll daher in den Mittelpunkt gestellt werden. EMBASSI ist ein dynamisch vernetztes System, mit dem der Nutzer auf natürliche Weise interagieren kann. Auf natürliche Weise soll hier bedeuten, dass der Nutzer mit Worten und Gesten seine Bedürfnisse vermittelt und, dass das System in der Lage ist diese korrekt zu interpretieren und umzusetzen (vgl. [Elting u. a. \(2003\)](#)).



Abbildung 3.4: EMBASSI Benutzer (Quelle: [Elting u. a. \(2003\)](#))

Multimodale Assistenzsysteme, die in der Fachliteratur vorkommen, beziehen sich meistens auf eine Steuerung mittels Worten und Gesten. Projekte wie das von der Bundesregierung geförderte EMBASSI beziehen eine Fernbedienung mit ein. Gemein ist den Projekten oftmals, dass die Gestenerkennung durch eine Kamera erfolgt.

3.5.2 Wiimote

Die WiiMote, die Kontrolleinheit der Spielekonsole von Nintendo, zu sehen in [Abbildung 3.5](#), erfreut sich aufgrund ihrer Vielseitigkeit einer großen Beliebtheit und wird auch in vielen Arbeiten behandelt. Christian Fischer ([Fischer \(2007\)](#)) untersuchte die Möglichkeit, den MOT-Sensor als Zeigegerät im UbiComp Labor zu nutzen. Selbst bei Senioren und im Altenpflegebereich ist die Wii angekommen. Geschichten von Senioren-Kegelclubs, die sich zum virtuellen Kegeln treffen¹, zeigen, dass dieses multimodale Spielkonzept ein Erfolg ist.

¹1. Wii Sports Bowling Seniorenmeisterschaft Deutschland 2008 (<http://www.wii-senioren.de/>)

Als polymodale Eingabe verfügt die Wii über einen 3-Achsen Beschleunigungssensor, einen MOT-Sensor, der die Position von bis zu vier Infrarotquellen in der Ebene erkennen kann, und 11 Tasten. Die polymodale Ausgabe erfolgt über eine audiovisuelle Anzeige an einem angeschlossenen Fernseher, sowie über vier LEDs, einen Vibrator und einen Tongenerator in der WiiMote. Die kabellose Kommunikation erfolgt via Bluetooth, wodurch die Mehrbenutzerfähigkeit (bis zu vier Spieler) an der Konsole gewährleistet ist. Die WiiMote ist ein fast standardkonformes USB-HID-Gerät.

Einige Nachteile machen die WiiMote nicht oder nur begrenzt brauchbar für das Einsatzfeld AAL:

- Die Zeigefunktion gleicht einem Präzisionsinstrument, da die WiiMote für Geschicklichkeitsspiele entworfen wurde und ist daher im Alltagsgebrauch für Senioren zu sensibel.
- Das dünne Hartplastikgehäuse überlebt einen Sturz aus 1m Höhe vermutlich nicht.
- Das Gerät authentisiert sich beim Bluetooth-Pairing nicht über eine Pin-Abfrage, damit ist die unter Abschnitt 3.3.4 gestellte Anforderung nach Vertraulichkeit nicht erfüllt. Man kann die Wiimote nicht mit sicherheitskritischen Steuerungsaufgaben betrauen.



Abbildung 3.5: Wii mit Wiimote (Quelle: [Nintendo \(2007\)](#))

3.6 Ergebnis

Die Kontrolleinheit soll der Akteurin Sal dazu dienen, die Steuerung der Unterhaltungselektronik und die Steuerung der Systeme des Ambient Assisted Living zu übernehmen und ihr die Möglichkeit zur Sprachkommunikation bieten. Dazu übernimmt sie die Funktion des Telefons und der Fernbedienung.

Über eine Funktechnologie soll die Kontrolleinheit in der Lage sein, Audiodaten bidirektional zu übertragen, und zwar in einer Qualität die sich zum Telefonieren eignet, als auch zur optimalen Auswertung durch Spracherkennungssysteme. Die Funktechnologie muß über ausreichende Authentisierungs- und Verschlüsselungsmechanismen verfügen, um Missbrauch durch Dritte zu verhindern und sollte ein verbreiteter Standard sein, um die Integration anderer Systeme zu ermöglichen. Die Kontrolleinheit soll über neun Tasten verfügen (siehe [3.4.1](#)), die aus einem Steuerkreuz und vier Spezialtasten bestehen. Alle Tasten sollen beleuchtbar sein, um Zustände und Ereignisse direkt auf der Kontrolleinheit anzeigen zu können und Rückmeldung über die gedrückte Taste zu geben. Zusätzlich soll ein Beschleunigungssensor integriert werden, der Bewegungsdaten übermittelt, um diese analysieren zu können und eine gestenbasierte Steuerung zu ermöglichen.

Im folgenden Kapitel wird untersucht, wie ein derartige Kontrolleinheit zu entwerfen ist.

4 Design

In diesem Kapitel wird der logische Entwurf der Kontrolleinheit behandelt. Die aus Kapitel 3 gewonnenen Erkenntnisse werden genutzt, um grundlegende Entscheidungen über die zu verwendenden Technologien zu treffen. Mit Hilfe von UML-Diagrammen werden Teile des Gesamtsystems beschrieben, um die Schnittstellen zur Kontrolleinheit darzustellen.

4.1 Auswahl der Funktechnologie

Die Kommunikation der Kontrolleinheit mit anderen Komponenten ist der wohl wichtigste Punkt im System. Durch die Wahl der Funktechnologie wird festgelegt, wie die Kommunikation am sinnvollsten zu implementieren ist und welche Protokolle zur Verfügung stehen. Da die Wahl der Funktechnologie das Verhalten der Komponenten beeinflusst, ist es notwendig sie vorab zu treffen, um Details für den weiteren Entwurf festlegen zu können.

Am Ende des Abschnittes soll die Entscheidung für einen der vorgestellten Funkstandards getroffen werden, basierend auf den Anforderungen aus dem Ergebnis der Analyse (3.6).

ZigBee, HomeRF und 802.11b/g

Um einen vollständigen Überblick zu bieten, seien hier vorab ein paar der gängigen Technologien genannt, die sich schon nach oberflächlicher Betrachtung für den Einsatz als Funktechnologie in der Kontrolleinheit nicht eignen.

802.11b/g (Wireless LAN) ist wie Ethernet eine *best-effort* Netzwerktechnologie, d.h. es gibt keine garantierten Datenübertragungsraten, obwohl es Bestrebungen gibt, gerade im Zusammenhang mit Streaming-Media, den 802.11 Standard um *Quality of Service* zu erweitern. Für die Anwendung in der Kontrolleinheit ist eine hohe Bandbreite, wie 802.11b/g sie ermöglicht, nicht nötig.

ZigBee ist ein offener Funkstandard, etwa im selben Reichweitenbereich wie Bluetooth. Die Bitübertragungsschicht basiert auf dem IEEE Standard 802.15.4. ZigBee und 802.11b/g haben keine Protokolle zur isochronen Übertragung von Audiodaten.

	Reichweite Freifeld [m]	Reichweite Gebäude [m]	Datenrate [Mbps]	Sprachkanäle	Synchrone Datenübertragung	Kosten	Energieverbrauch	Sicherheit
Bluetooth	10/100	5 / 10	0,72	3	Ja	+++	+++	+++
ZigBee	100	10	0,25	-	Nein	++	+++	+++
DECT	300	40	2	8	Ja	++	++	++
HomeRF	300	40	2	8	Ja	++	++	++
802.11b/g	500	50	54	-	Nein	○	+	+

Tabelle 4.1: Übersicht der Wireless-Technologien (Wollert, 2002, S. 288 (modifiziert))

HomeRF nutzt zwar DECT Protokolle und bietet damit die Möglichkeit der isochronen Sprachübertragung, der Standard scheint jedoch veraltet und wird daher nicht weiter betrachtet.

Nach einer groben Durchsicht der verfügbaren Technologien bieten sich Bluetooth und DECT an, da beide Standards isochrone digitale Audioübertragung ermöglichen. Im folgenden wird auf die beiden Technologien näher eingegangen, um sie miteinander vergleichen zu können.

Bluetooth

Bluetooth ist ein Kurzstreckenfunk mit mäßiger Datenübertragungsgeschwindigkeit und ist durch seine Vielzahl von Profilen der hoffnungsvollste Kandidat für eine drahtlose Universalchnittstelle. Die Profile ermöglichen es, Anwendungsprotokolle zu kapseln und somit Konflikte zwischen Geräten auszuschließen, wodurch eine gute Interoperabilität gewährleistet werden kann.

Einige wichtige Profile sind:

- HID (Human Interface Device Profile), ein Profil für Eingabegeräte.
- SDAP (Service Discovery Application Profile), dient der Ermittlung der auf dem Gerät vorhandenen Profile.

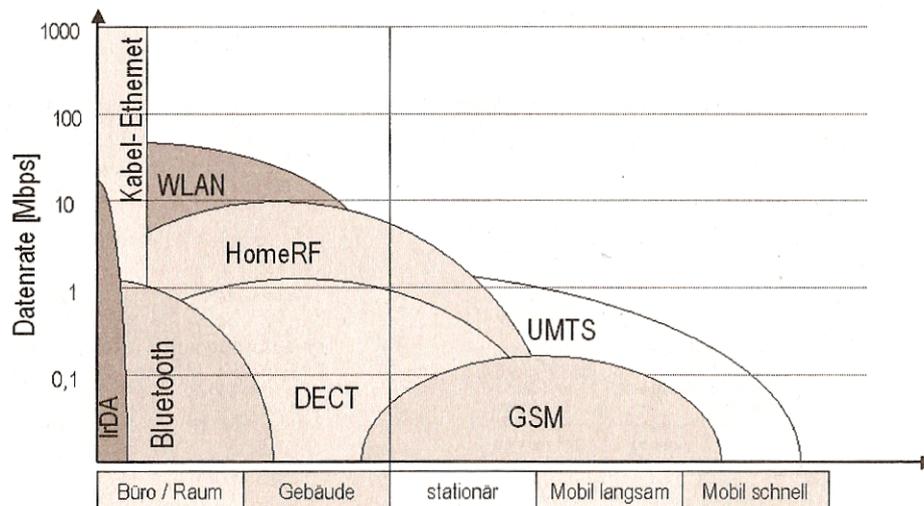


Abbildung 4.1: Wireless-Technologien in unterschiedlichen Bereichen (Quelle: (Wollert, 2002, S. 288))

- GAP (Generic Access Profile), dient der Zugriffssteuerung.
- MDP (Medical Device Profile), ein Profil für die sichere Verbindung zwischen medizinischen Geräten.
- SCO (Synchronous Connection Oriented link), ermöglicht eine synchrone, bidirektionale Verbindung mit Echtzeiteigenschaften.
- HSP (HeadSet Profile), ein Profile zur Sprach Ein- und Ausgabe, meist verwendet für HeadSets von Mobiltelefonen.

Einige Profile wie SCO, GAP und SDAP sind verpflichtend und müssen von jedem Bluetooth-Gerät implementiert werden.

Je nach Klasse beträgt die Reichweite 10m (Klasse 2) oder 100m (Klasse 1). Diese Angaben gelten für eine störungsfreie Umgebung im Freien und ohne Hindernisse. Mauern und elektromagnetisch strahlende Geräte können die Reichweite erheblich reduzieren.

Bluetooth arbeitet im ISM-Band (Industrial, Scientific, Medical), also im Frequenzbereich um 2,4 GHz und kann weltweit lizenzfrei genutzt werden. Die Symbolrate beträgt 1MBit/s. Der Kanal ist in Slots aufgeteilt, welche eine Länge von $625 \mu s$ besitzen.

Bluetooth unterstützt folgende Möglichkeiten zur Datenübertragung:

- einen asynchroner Datenkanal
- maximal drei gleichzeitige Sprachkanäle
- einen Kanal mit gleichzeitiger asynchroner Daten- und synchroner Sprachübertragung

Jeder Sprachkanal besitzt einen synchronen Kanal mit 64KBit/s in jede Richtung. Der asynchrone Datenkanal kann maximal 723,2KBit/s asymmetrisch und bis zu 57,6KBit/s in die entgegengesetzte Richtung übertragen, symmetrisch sind es 433,9KBit/s in beide Richtungen. Größere Übertragungsraten sind möglich mit Bluetooth EDR (Enhanced Data Rate) (vgl. [Wollert \(2002\)](#)).

Prinzipiell ist eine Interoperabilität zwischen Bluetooth und 802.11 möglich, obwohl eine Überschneidung bei 17 Kanälen im ISM-Band vorhanden ist. Wenn viele Bluetooth und WLAN-Geräte an einem Ort betrieben werden, ist jedoch mit Beeinträchtigungen der Übertragungsqualität zu rechnen. Auf Grund der kurzen Slotzeiten bei Bluetooth und der signifikant höheren Hoppingfrequenz (1600 Kanalwechsel pro Sekunde bei Bluetooth gegenüber vier Kanalwechsel pro Sekunde bei WLAN) wird meistens das WLAN beeinträchtigt, während Bluetooth fast normal funktioniert.

DECT

Der Digital Enhanced Cordless Telephon Standard (DECT) beschreibt ein System zur drahtlosen Telefonie. Haupteinsatzgebiet von DECT sind schnurlose Telefone für den Heimbereich und Telefonanlagen. DECT Telefone haben im Freifeld eine Reichweite bis zu 300m und in Gebäuden um die 50m. Der Funkfrequenzbereich liegt zwischen 1880 und 1900 MHz, wobei durch das effiziente Kanalschema bis zu 10.000 Verbindungen pro Quadratkilometer möglich sind ([Wollert, 2002, S. 299](#)).

Es gibt im DECT Standard zwei Arten von Geräten: Fixed Part (Basisstationen) und Portable Part (Mobilgeräte). Es gibt keine Einschränkung in der Kombination von Basisstationen und Mobilgeräten.

Die feste Rollenfestlegung von Basisstation und Mobilgeräten ist kein Hindernis, da im entworfenen Szenario der Multimedia PC die Rolle einer Basisstation übernehmen könnte und die Kontrolleinheit die Rolle des Mobilteils.

Für DECT sind eine Reihe von Profilen definiert, die für die Datenübertragung geeignet sind. ([Wollert, 2002, S. 303 Tab. 72](#))

DECT bietet Roaming, also das Weiterleiten von Diensten über ein Netzwerk von Basisstationen, so dass man sich innerhalb dieses Netzes mit einem DECT-Telefon frei bewegen kann, sowie ein Handover, also das übergeben einer laufenden Telefonverbindung von einer Basisstation zur anderen ohne Verbindungsunterbrechung. Wobei ein Handover zu einer Basisstation in der Regel dann stattfindet, wenn sie die bessere Signalqualität aufweist.

Beides sind Funktionen, die die Kontrolleinheit im dargestellten Szenario nicht unterstützen muß.

Obwohl niedriger Stromverbrauch eine vielbeworbene Eigenschaft von Bluetooth ist, stehen DECT-Basisband-ICs wie z.B. von Atmel¹ diesem in nichts nach.

Ergebnis

Die geringe Verbreitung im Bereich mobiler Datenübertragung und eine oberflächlich betrachtet kompliziertere Hochfrequenztechnik, wie auch eine mangelnde Auswahl aussagekräftiger Datenblätter seitens der Hersteller, führten zu der Entscheidung gegen DECT und für Bluetooth. Trotzdem ist die DECT Technologie eine reizvolle Alternative und sollte auf der über diese Arbeit hinausgehenden Projektebene keinesfalls ignoriert werden.

4.2 Modellierung der Komponenten

Das gesamte System läßt sich in drei Schichten darstellen (Abbildung 4.2). Die Präsentationsschicht enthält die Kontrolleinheit und den Fernseher, die Logikschicht enthält die Anwendungslogik und die Persistenzschicht enthält die Daten.

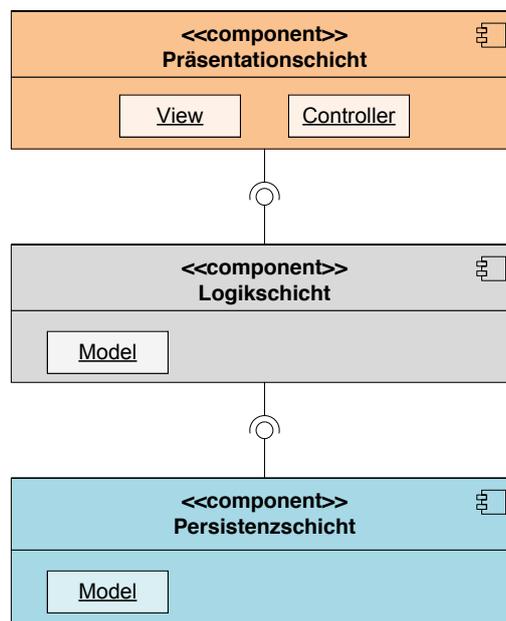


Abbildung 4.2: Komponentendiagramm 3-Schichten-Architektur

¹Atmel DECT Single-chip Transceiver (http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4567.pdf)

Um eine klare Trennung zwischen Anwendungslogik und Kontrolleinheit zu erhalten, wird außerdem eine Aufteilung gemäß dem Model-View-Controller (MVC) Pattern ([Gamma u. a., 2005](#), S. 4) vorgenommen. Damit können die unter [3.3.6](#) beschriebenen Qualitätsmerkmale sichergestellt werden. Das MVC Pattern dient insbesondere der Erweiterbarkeit und Wiederverwendbarkeit. Die Logik- und Persistenzschicht bilden das Model, die Präsentationsschicht besteht aus dem View und dem Controller.

Abbildung [4.3](#) zeigt das Komponentendiagramm. Bei der Zerlegung der drei Schichten in Komponenten teilt sich die Logikschicht in eine Client Komponente (der Multimedia PC, der eine Browser-Komponente enthält) und eine Server Komponente (ein Webserver).

Die Präsentationsschicht zerfällt in eine Interaktionskomponente (die Kontrolleinheit) und zwei Anzeigekomponenten (Anzeigegerät auf der Client Seite und Webinterface auf der Serverseite). Die Interaktionskomponente besteht weiterhin aus View und Controller, während die Anzeigekomponenten nur noch aus dem View bestehen. Die serverseitigen Komponenten werden im weiteren Verlauf nicht näher betrachtet, da sie zur Spezifikation der Kontrolleinheit nicht relevant sind.

Die Model-View-Controller Struktur kann nun folgendermaßen beschrieben und konkretisiert werden:

Model

Das Model entscheidet, welche vom Controller übermittelten Daten zur Zeit relevant sind und was auf den View-Komponenten zur Anzeige kommen soll. Die Anwendungslogik befindet sich weitestgehend im Model und damit auf den serverseitigen Komponenten. Dies unterstützt besonders die Anforderung der Langlebigkeit ([3.3.5](#)) aber auch der Erweiterbarkeit und Wartbarkeit ([3.3.6](#)), indem die Anwendungssoftware weitgehend ausgetauscht werden kann, ohne dass der Multimedia PC oder die Kontrolleinheit ersetzt werden müssen. Der Multimedia PC ist somit als Ultra-Thin-Client zu sehen und gehört gemäß [Abbildung 4.4](#) nach Tanenbaum und van Steen zur Kategorie (a).

View

Der View ist verteilt auf mehrere Komponenten. Zum einen in der Kontrolleinheit, zum anderen im Anzeigegerät. Konkrete Views sind die beleuchteten Tasten der Kontrolleinheit und die Ausgabe der Browser Komponente. Damit ist strenggenommen der Multimedia PC eine View Komponente und nicht das Anzeigegerät. Für die View Komponenten ergibt sich das Observer Pattern ([Gamma u. a., 2005](#), S. 293). Dadurch wird es auf einfache Weise möglich, beliebige View Komponenten an das Model anzuschließen.

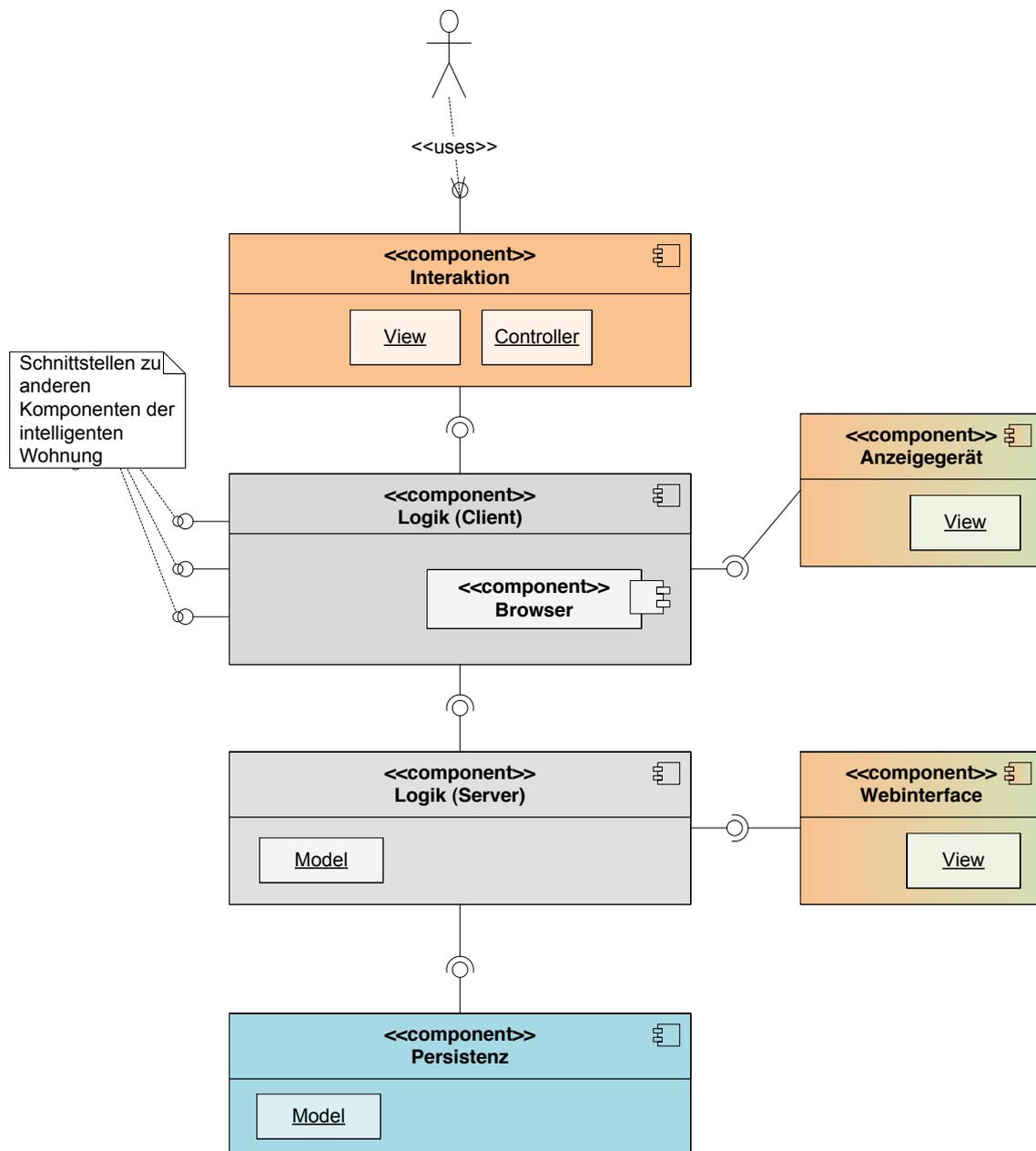


Abbildung 4.3: Komponentendiagramm der Gesamtarchitektur

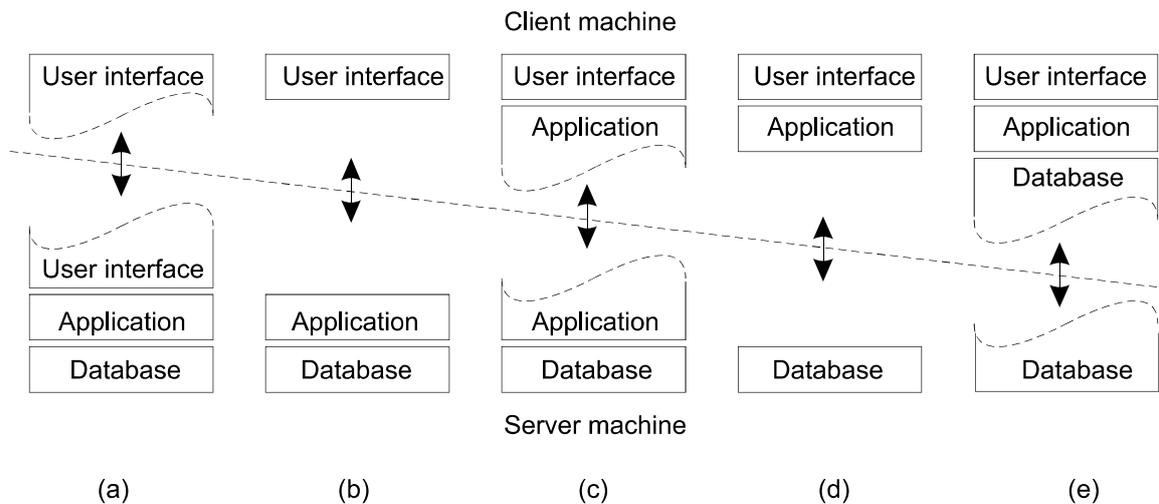


Abbildung 4.4: Client-Server-Anordnungen (Quelle: [Tanenbaum und van Steen \(2002\)](#))

Controller

Im Controller wird die Interaktion mit dem System umgesetzt. Der Controller läßt sich aufteilen in hardware-spezifische Datenerfassung und Übermittlung, welche durch die Kontrolleinheit stattfinden, sowie in anwendungsspezifische Datenauswertung auf dem Multimedia PC (vgl. ([Fischer, 2007](#), Kapitel 4.2.1)). Die Schnittstelle der Kontrolleinheit mit dem Multimedia PC ist am besten mit dem Command Pattern ([Gamma u. a., 2005](#), S. 233) zu realisieren, wodurch unter anderem auch eine leichtere Integration anderer Eingabegeräte ermöglicht wird.

4.2.1 Softwarearchitektur

Abbildung 4.5 zeigt eine Ansicht des Softwaresystems auf dem Multimedia PC, wie es für das Projekt Abendsonne vorgesehen ist. Die Schnittstellen zur Kontrolleinheit sind das Bluetooth Head-Set-Profil (HSP) und das Human-Interface-Device (HID) Profil. Diese beiden Profile muß die Kontrolleinheit implementieren. Das dargestellte WebKit² ist ein von Apple entwickeltes Framework, das eine Web-Browser Komponente zu Verfügung stellt.

²The WebKit Open Source Project (<http://webkit.org>)

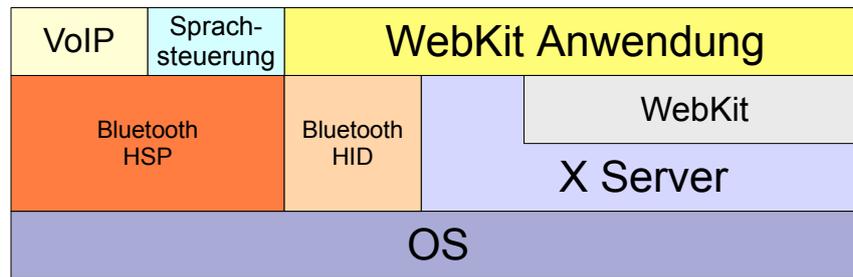


Abbildung 4.5: Schichtenmodell der Softwarearchitektur

4.3 Modellierung des Verhaltens

Im kommenden Abschnitt wird das Verhalten einiger Komponenten des Systems modelliert. Wie im vorangegangenen Abschnitt dient dies nur als Hilfsmittel, um die Kontrolleinheit zu spezifizieren.

4.3.1 Zustandsautomaten

Die Zustandsautomaten 4.6 und 4.8 modellieren das Verhalten der Komponente **Logik (Client)** im Zusammenspiel mit der Komponente **Interaktion**, der Kontrolleinheit. Die Komponente **Logik (Client)**, also der Multimedia PC, kann nur drei Zustände haben:

- keine Kontrolleinheit gefunden
- kein Netzwerk gefunden
- aktiv (die Anwendungen können mit der Kontrolleinheit genutzt werden)

Wann immer keine Verbindung zur Kontrolleinheit besteht, ist der einzige Zustand in dem sich Kontrolleinheit und Multimedia-PC befinden dürfen, die Verbindungsaufnahme. Das Verhalten ist dabei subsumierend, d.h. wenn keine Netzwerkverbindung hergestellt werden konnte, darf der Zustand *aktiv* nicht erreicht werden, die Server-Komponente wäre nicht verfügbar. Wurde keine Kontrolleinheit gefunden, ist es sinnlos eine Netzwerkverbindung herzustellen, weil man sie eventuell nicht konfigurieren kann und die Anwendungen ebenso nicht gesteuert werden können.

Abbildung 4.6 zeigt den Systemstart als Verhaltens-Zustands-Automat. Im Zustand *Verbindung authentisieren* des Zustandsautomaten erfolgt das Bluetooth-Pairing, detailliert dargestellt im Subautomaten 4.8. Da die Kontrolleinheit über keine Zifferntasten verfügt, muß hier auf Farben und Symbole ausgewichen werden. Die Pin beim Bluetooth-Pairing ist vergleichbar mit einem symmetrischen Schlüssel. Man gibt auf beiden Geräten eine identische Pin

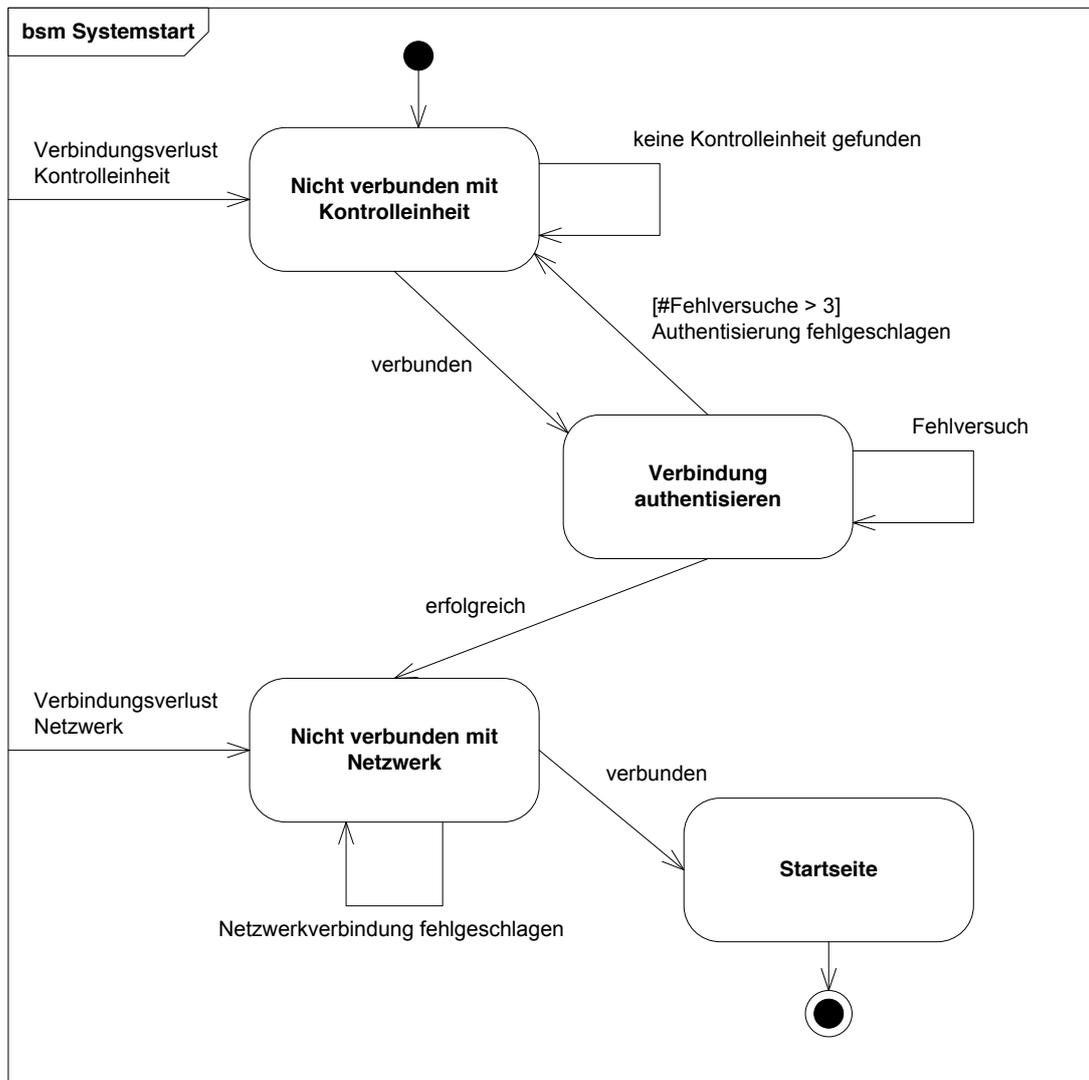


Abbildung 4.6: Zustandsdiagramm Systemstart

ein. Im vorliegenden Fall ist dies aber nicht möglich, da die Kontrolleinheit das einzige Eingabegerät ist. Stattdessen wird auf dem Multimedia PC eine zufällige Symbolfolge erzeugt und auf dem Fernseher zur Anzeige gebracht. Mit der Kontrolleinheit wird diese Symbolfolge eingegeben, und die authentifizierte und verschlüsselte Verbindung kommt zustande (siehe Abbildung 4.7). Der Verbindungsaufbau zwischen Bluetooth Geräten übernimmt das Link-Manager-Protokoll (*LMP*). Das *LMP* überprüft, ob die Verbindung bereits authentifizierte wurde. Wenn das nicht der Fall ist, prüft es, ob es schon einmal eine authentifizierte Verbindung gab, indem es nach vorhanden Verbindungsschlüsseln (*Link-Key*) sucht. Das eigentliche Pairing (Zustand *LMP Pairing* in 4.8), zu dem die Pin Eingabe erforderlich ist, erfolgt erst, wenn keine authentifizierte Verbindung besteht und kein *Link-Key* für die Verbindung vorhanden ist.

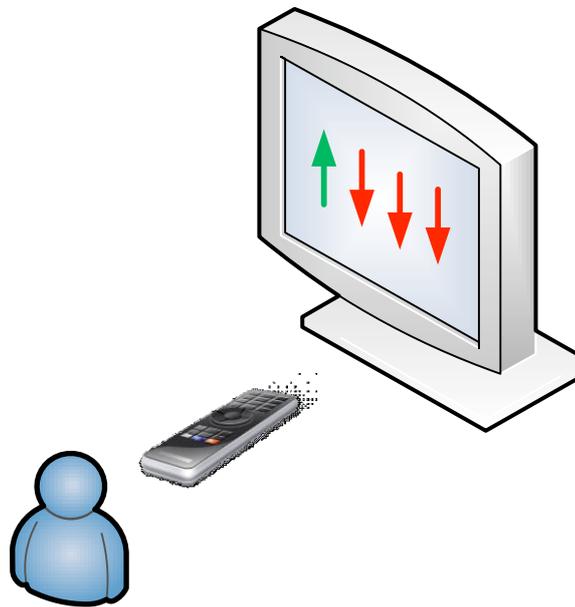


Abbildung 4.7: PIN-Eingabe mit Symbolen

Anschließend wird nach dem Netzwerk gesucht. Wenn das Netzwerk nicht verfügbar ist, kann der Grund eine Störung oder eine fehlende Konfiguration sein. Bei einer fehlenden Konfiguration müssen Dialoge angezeigt werden, die die Konfiguration ermöglichen. Hier sind komplexere Eingaben nötig. Man kann sich dabei an Konfigurationsdialoge für Spielekonsolen anlehnen, bei denen identische Einstellungen mittels Eingabegeräten mit wenigen Tasten gemacht werden müssen.

Diese Dialoge haben natürlich den selben Anspruch auf Zuverlässigkeit (vgl. Abschnitt 3.3) wie die eigentliche Anwendung. Sie haben jedoch nicht den Anspruch multimodal oder gerontologisch sinnvoll zu sein. Wie in der Anforderungsanalyse dargelegt, liegen Administration oder Konfiguration nicht im Handlungsfeld der dort beschriebenen Akteure.

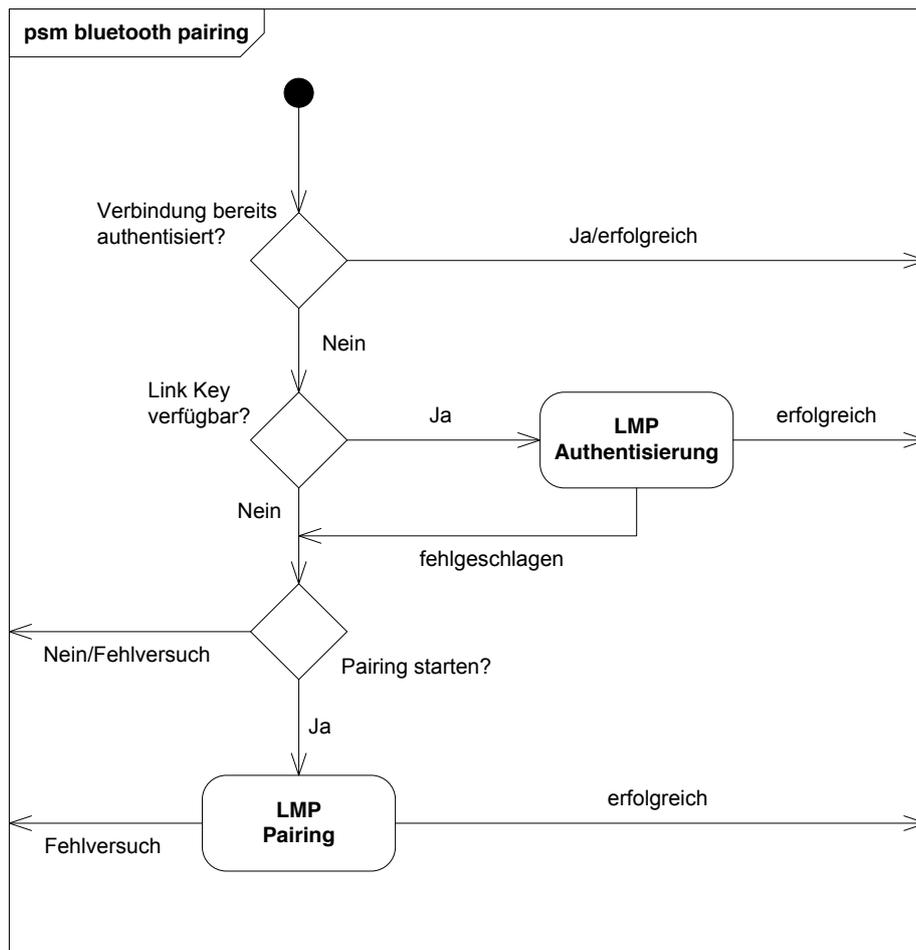


Abbildung 4.8: Zustandsdiagramm Bluetooth-Pairing

4.3.2 Sequenzdiagramme

Die Sequenzdiagramme 4.9 und 4.10 beschreiben den Ablauf von zwei, im Szenario 2.2 geschilderten, Vorgängen. Diese Vorgänge sollen skizzieren, wie die Ereignisse im System verarbeitet und schließlich Sal von der Kontrolleinheit präsentiert werden.

Die Standortabfrage (4. bzw. 6.) liefert im Grunde nur die Information, ob der Fernseher an oder aus ist. Ist er an, wird der Fall *vor dem Fernseher* angenommen, ist er aus, der Fall *nicht vor dem Fernseher*. Diese Fallunterscheidung soll darstellen, dass die Kontrolleinheit auf gleiche Ereignisse auf unterschiedliche Weise reagieren muß.

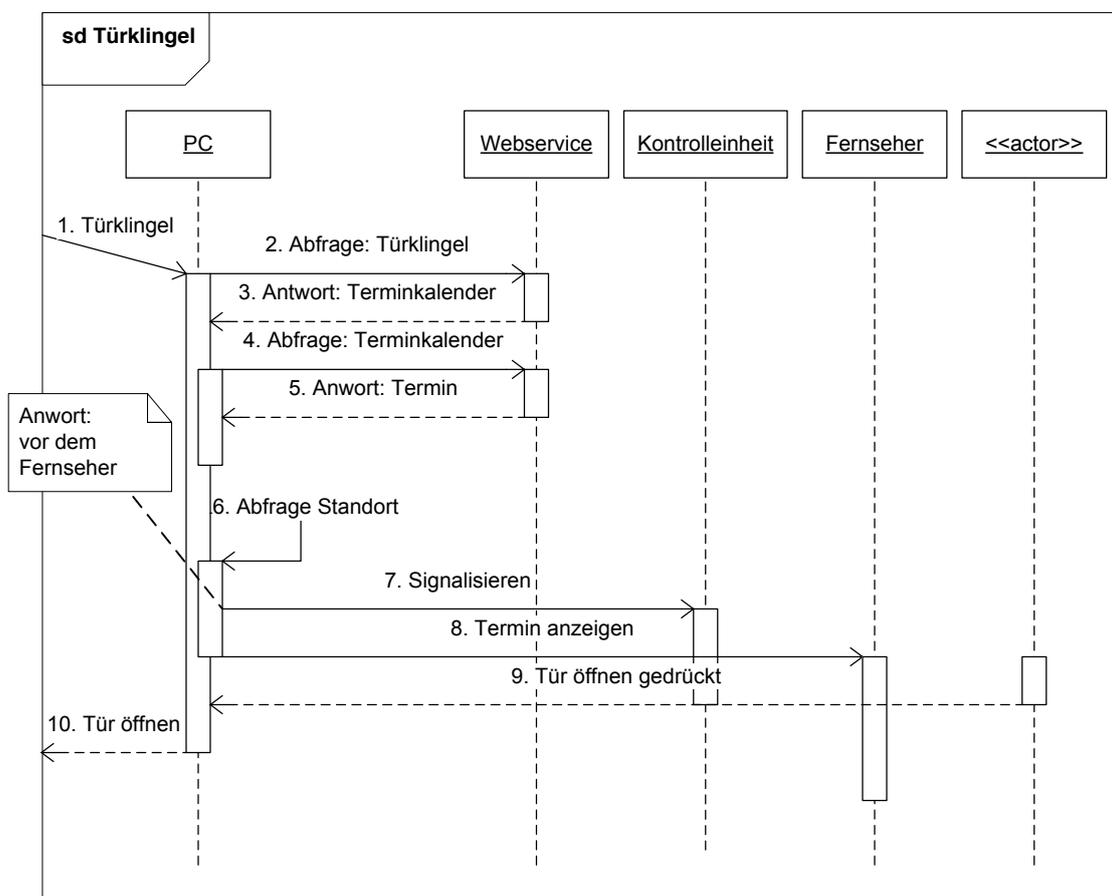


Abbildung 4.9: Sequenzdiagramm Anwendungsfall Türklingel

Erläuterung zu Sequenzdiagramm Anwendungsfall Türklingel (4.9)

1. Die Türklingel wird betätigt. Die Haussteuerung meldet das Ereignis an das System.
2. Der Multimedia PC fragt den Webservice, welche Schritte zu tun sind.

3. Der Webservice weist den Multimedia PC an, im Terminkalender nachzusehen.
4. Der Multimedia PC fragt den Terminkalender für die aktuelle Uhrzeit ab.
5. Der Webservice meldet den Termin mit dem Pflegedienst.
6. Der Multimedia PC stellt fest, wo sich Sal befindet.
7. Auf der Kontrolleinheit wird ein Ereignis signalisiert.
8. Da Sal vor dem Fernseher ist, wird der gefundene Termin auf dem Fernseher eingeblendet.
9. Sal betätigt die Kontrolleinheit.
10. Der Multimedia PC signalisiert der Haussteuerung, die Tür zu öffnen.

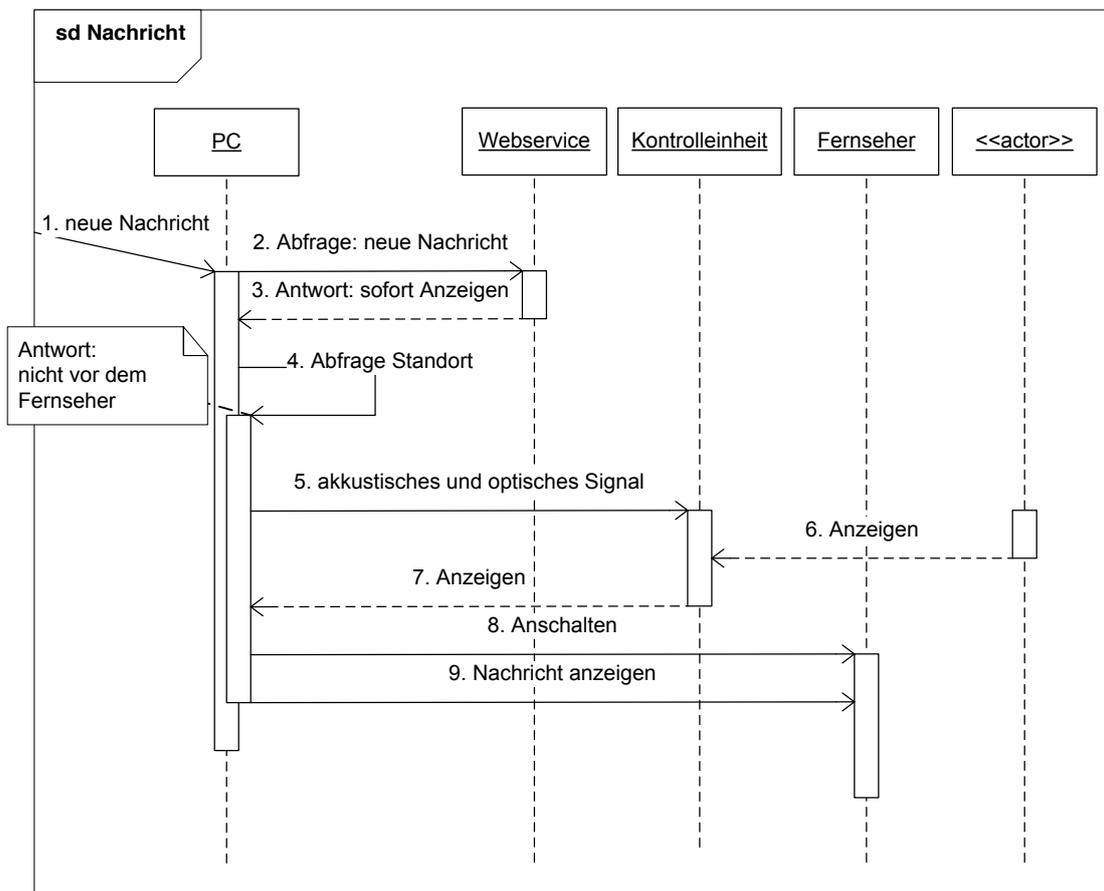


Abbildung 4.10: Sequenzdiagramm Anwendungsfall Nachricht

Erläuterung zu Sequenzdiagramm Anwendungsfall Nachricht (4.10)

1. Eine neue Nachricht der Enkelin wird über das Netzwerk empfangen.
2. Der Multimedia PC fragt den Webservice, welche Schritte zu tun sind.
3. Der Webservice weist den Multimedia PC an, die Nachricht sofort anzuzeigen.
4. Der Multimedia PC stellt fest, wo sich Sal befindet.
5. Da sie sich nicht vor dem Fernseher befindet, wird das Ereignis akkustisch und optisch auf der Kontrolleinheit signalisiert.
6. Sal betätigt die Kontrolleinheit.
7. Die Kontrolleinheit signalisiert dem Multimedia PC, die Nachricht anzuzeigen.
8. Der Multimedia PC schaltet den Fernseher an.
9. Die Nachricht wird auf dem Fernseher angezeigt.

4.4 Multimodalität

Tastensteuerung

Um den Anwender nur mit bekannten Metaphern zu konfrontieren besteht die Tastensteuerung aus einem Tastenkreuz und zwei Multifunktionstasten. Eine Taste auf der Kontrolleinheit soll als alleinige Aktion haben, den Benutzer wieder zum Startpunkt des Systems zu bringen (siehe dazu Abschnitt 3.4.1), eine weitere Taste soll als Notruffunktion nur dazu dienen, eine Sprechverbindung zu einem Callcenter aufzubauen (siehe 3.2). Über den Tasten werden RGB-Leds angebracht, wodurch sich die Tasten vielfarbig beleuchten lassen.

Ein Tastendruck könnte ereignisgesteuert asynchron übertragen werden. Einfacher ist es jedoch, den Zustand der Tasten regelmäßig synchron zu übertragen, da dies für den folgenden Punkt Gestensteuerung sowieso vorgesehen ist.

Gestensteuerung

Übertragen werden durch die Kontrolleinheit nur die Beschleunigungsdaten der drei Raumachsen. Die Datenübertragung erfolgt synchron in regelmäßigen Intervallen. Die Rohdaten werden zur Auswertung an den Multimedia PC geschickt. Die Interpretation der Gesten erfolgt dort.

Denkbar wäre es, die Gesteninterpretation in der Kontrolleinheit vorzunehmen. Dafür müßte man ein gewisses Repertoire an Gesten vorab definieren, was die Flexibilität einschränkt.

Oder man müßte die zu erkennenden Gesten zur Kontrolleinheit übertragen, was ein Bruch des MVC Entwurfs wäre, da Teile des Modells in der Kontrolleinheit implementiert würden. Die Kontrolleinheit soll jedoch nur Aufgaben des Controllers und des Views übernehmen. Der Vorteil eines solchen Vorgehens wäre eine zu erwartende Energieersparnis in der Funkkomponente, da keine ständige Übertragung der Beschleunigungsdaten erfolgen müßte, sondern nur im Fall einer erkannten Geste ein Ereignis übertragen würde. Die Funkkomponente müßte also nicht ständig senden.

Sprachsteuerung

Bluetooth nutzt logarithmische *Pulse Code Modulation* (PCM) oder *Continuous Variable Slope Delta Modulation* (CVSD) zur Übertragung von Sprachdaten (siehe [Bray und Sturman \(2002\)](#)).

PCM ist ein Verfahren, um ein analoges Sprachsignal in Binärcode umzuwandeln. Die Umwandlung erfolgt über Abtastung des analogen Signals mittels Pulsamplitudenmodulation, entsprechend dem Abtasttheorem von Nyquist und Shannon, und anschließender Quantisierung und binärer Kodierung der erhaltenen Werte. Beschrieben wird PCM zur Digitalisierung von Sprachsignalen unter anderem im G.711-Standard ([International Telecommunication Union \(1993\)](#)).

Die PCM Daten können mit dem A-law oder μ -law Verfahren komprimiert werden. Das Kompressionsverfahren folgt der ITU-T Empfehlung G. 711. Eine Konvertierung von A-law zu μ -law sollte ein standardkonformer Bluetooth Baustein leisten können.

Die Übertragungsrate ist 64Kbit/s, bei der Verwendung von PCM mit A-law entspricht das der Sprachübertragung von Euro-ISDN.

Um Töne aus dem Mikrofon PCM zu kodieren und über Bluetooth empfangene Audiodaten in hörbare Töne zu wandeln, muß in die Kontrolleinheit ein PCM-Codec Baustein integriert werden.

4.5 IR Sender

In Kapitel 3 wurde festgestellt, dass die Kontrolleinheit das als Anzeigegerät verwendete Fernsehergerät kontrollieren können muß. Dies kann grundsätzlich über zwei Wege erfolgen:

- SCART oder HDMI via *AV.link* (beschrieben in DIN EN 50157-2-1 [Deutsches Institut für Normung, e.V. \(1999\)](#))

- IR-Fernbedienung

Die Verwendung von *AV.link* wäre der deutlich elegantere Weg gewesen. Trotzdem wird die Steuerung des Fernsehers über eine IR-Komponente in der Kontrolleinheit erfolgen, da im Vorfeld festgestellt wurde, dass kein Fernseher mit SCART Anschluß *AV.link* unterstützt. Durch Verwendung eines Mikrocontrollers ist es möglich der Kontrolleinheit Funktionen hinzuzufügen, die sie zu einer programmierbaren Universalfernbedienung machen.

IR-Fernbedienungen senden ein Lichtsignal im unsichtbaren Infrarotbereich aus. Zur Übertragung von Signalen werden verschiedene Protokolle und Verfahren eingesetzt. Am bekanntesten ist das RC-5 Protokoll, das von der Firma Philips entwickelt wurde. Ein RC-5 Datenpaket hat eine Länge von 14 Bit. Jedes Bit wird 2-Phasen kodiert, ein 0-1-Übergang entspricht einer 1, ein 1-0-Übergang entspricht einer 0, dies ist auch bekannt als Manchester-Codierung. Das Datenpaket wird auf eine Trägerfrequenz von 36kHz aufmoduliert und etwa alle 113ms wiederholt.

Die Erzeugung eines derartigen Signals kann relativ einfach mit einem Timer des Mikrocontrollers erfolgen. Mit diesem Timer könnten auch gegebenenfalls andere Fernbedienungssignale erzeugt werden, die z.B. auf Pulsweitenmodulation basieren.

4.6 Mikrocontroller

In die Kontrolleinheit soll ein Mikrocontroller integriert werden, der die Steuerung der vielfältigen Komponenten zur Sensorik, Kommunikation und Anzeige übernimmt. Dieser muß die in Kapitel 3 gestellten Anforderungen an Energieeffizienz und Langlebigkeit erfüllen und über die nötigen Schnittstellen verfügen, um die in diesem Kapitel spezifizierten Komponenten zu steuern:

- IR-Diode
- Bluetooth
- PCM Baustein
- 9 Tasten
- Beschleunigungssensor
- 9 vielfarbige LEDs

Zudem sollte der Mikrocontroller über geeignete Entwicklerschnittstellen verfügen (siehe 3.3.6). Dazu gehören eine JTAG-Schnittstelle mit In-Circuit Programming und eine serielle Schnittstelle, um eine einfache Ausgabeschnittstelle zu ermöglichen („*printf()* Debugging“).

4.7 Energieversorgung

Die Energieversorgung muß den in 3.2 gestellten Anforderungen entsprechen. Sie soll über handelsübliche Batterien oder Akkus erfolgen. Üblich sind NiMH (Nickel-Metallhydrit) Akkus, die die schwermetallhaltigen NiCd (Nickel-Cadmium) Akkus weitgehend abgelöst haben. Sie haben meist eine Kapazität (C) von etwa 1800mAh. Als Folge des Gebrauchs sinkt die Spannung von Akkus mit der Zeit. Die elektronischen Bauteile sind jedoch auf eine stabile Spannung angewiesen. Dies macht einen Spannungsregler erforderlich, der ständig eine konstante Spannung zur Verfügung stellt. Zudem müssen Akkus im laufenden Betrieb aufgeladen werden können, was einen Laderegler erforderlich macht.

Laderegler

Für NiMH oder NiCd Akkus ist Stromladung notwendig. Bei der Stromladung wird ein Akku mit einem festen oder gepulsten Strom geladen. Anders als bei der Spannungsladung, wie sie meist für Bleiakkumulatoren verwendet wird, ist der geladene Strom pro Zeiteinheit konstant. Die Ladung mit Strom muß, wenn der Akku voll ist, beendet werden, um ihn nicht zu beschädigen bzw. seine Lebensdauer nicht herabzusetzen. Der Laderegler muß also über geeignete Funktionen verfügen, um die Akkus schnell zu laden, ohne sie zu beschädigen. Folgende Methoden zur Ladeschlußerkennung sind einsetzbar mit relativ einfachen Ladeschaltungen (vgl. [Maxim Integrated Products, Inc. \(2002\)](#) und [GPI International, Ltd. \(2006\)](#)).

Ladeschlusserkennung nach Zeit Dies ist die einfachste, aber auch unsicherste Methode, Akkus zu laden. Man orientiert sich an üblichen Ladezeiten und lädt den Akku mit einem bestimmten Strom über eine bestimmte Zeit. Häufig treten Überladungen und Unterladungen auf, wobei Überladungen potentiell die Lebensdauer des Akkus senken. Die meisten Laderegler Bausteine bieten eine derartige Funktion, kombinieren sie jedoch meist mit einer der folgenden Methoden.

Ladeschlußerkennung nach Temperatur Je mehr sich der Akku dem vollen Zustand nähert, desto stärker ist die Ausgasung von Sauerstoff. Dadurch steigt der Druck und damit die Temperatur des Akkus. Dieser Temperaturanstieg kann als Ladeschlußkriterium erkannt werden. Diese Methode erfordert einen Temperatursensor und ist aufgrund der indirekten Messung nicht so genau, dennoch gibt es einige Laderegler, die diese Methode als Sicherheitsfunktion einsetzen.

Ladeschlusserkennung nach negativer Spannungsdifferenz Sie wird auch als $-\Delta U$ bezeichnet. Wird ein Akku mit einem konstanten Strom geladen, steigt seine Spannung immer weiter an. Ist ein Akku voll, so erreicht seine Spannung ein Maximum und fällt bei weiterem Stromfluss wieder leicht ab. Dieser Spannungsabfall beträgt bei NiMH Akkus etwa $10 - 20\text{mV}$ und wird als Abbruchkriterium genutzt. Der Spannungsabfall entsteht durch den selben Prozess, der unter *Ladeschlusserkennung nach Temperatur* für die Temperaturerhöhung verantwortlich ist.

Ladeschlusserkennung nach Ableitung der Spannung Wie unter *Ladeschlusserkennung nach negativer Spannungsdifferenz* beschrieben, steigt die Spannung eines Akkus bei Konstantstromladung zunächst an. Die Ableitung ist $dU/dt > 0$. Der Laderegler beendet die Ladung, wenn das Maximum der Ladespannung erreicht ist und die Ableitung $dU/dt = 0$ wird. Die Abschaltung erfolgt hier etwas früher als bei der *Ladeschlusserkennung nach negativer Spannungsdifferenz*, da die Spannung dort erst wieder signifikant sinken muß, um das Maximum zu erkennen, während bei der Ableitung der Spannung der Wendepunkt erkannt wird.

Die Ladeschlusserkennung ist bei NiMH Akkus erschwert durch den Umstand, dass bei einem zu geringem Ladestrom die beschriebenen Effekte vermindert auftreten und eine negative Spannungsdifferenz oder eine zuverlässige Wendetangente nicht erkannt werden können. NiMH-Akkus können jedoch auch mit einem Ladestrom bis $C/10$ dauernd geladen werden, ohne Schaden zu nehmen, eine Ladeschlusserkennung ist dann nicht notwendig.

4.8 Gehäuse und Bauteile

Das Gehäuse für die Kontrolleinheit darf nicht zu elastisch sein, da ansonsten die Verformungsenergie an die empfindliche Elektronik gelangt, aber auch nicht zu steif, da es sonst platzen könnte. Die Platine darf nicht zu sehr ausgefräst sein, damit sie in exotische Gehäuseformen paßt. Es können sich sonst leicht Schwachstellen ergeben, an denen die Platine bricht. Relativ schwere oder große Bauteile, wie z.B. der Lautsprecher, können mit Kabelverbindungen von der Platine entkoppelt werden. Die Taster und die Batteriehalterung sollten möglichst stabil sein. Die Taster sollten so ausgeführt sein, das sie durch wartungsfreie Tasten, wie z.B. eine einfache Gummimatte, gedrückt werden können. Es ist von einer Standzeit von mehreren Jahren auszugehen, damit sich das Gerät amortisiert. Gleichzeitig kann eine „rauhe“ Umgebung angenommen werden, gekennzeichnet durch ständige Benutzung und auch häufiges Fallenlassen.

4.9 Ergebnis

In diesem Kapitel wurde der Entwurf der Kontrolleinheit und die Schnittstellen zum Multimedia PC bzw. dessen Software dargestellt, um die aus der Analyse (3) gestellten Anforderungen zu erfüllen. Das Gesamtsystem wurde zuerst in Schichten aufgeteilt und dann in Komponenten zerlegt. Dies geschah nach Paradigmen des objektorientierten Entwurfs. Die grundlegende Entscheidung für Bluetooth Funktechnologie wurde vorweggenommen, um die Komponenten mit konkreten Schnittstellen zu versehen. Exemplarisch wurde an ein paar Beispielen skizziert, wie das Verhalten des Systems aussehen sollte. Dadurch konnten die Funktionen der Kontrolleinheit genauer beschrieben werden. Durch Konkretisierung des Entwurfs wurden einige Nebenbedingungen erkennbar. Die Verwendung von Bluetooth und der Modalität Sprache zeigten die Notwendigkeit des PCM-Codec (siehe 4.4). Vielfache Abhängigkeiten der Anwendungsfälle von dem Fernsehgerät (siehe 3.2) führten zur Integration der IR-Diode, um dieses direkt steuern zu können. Die notwendige, ständige Funkverbindung der Kontrolleinheit mit dem Multimedia PC zur Übermittlung der Bewegungsdaten (siehe 4.4) deutet darauf hin, dass die Energieversorgung ein kritischer Punkt der Realisierung wird.

Zusammenfassend wurden folgende Komponenten für die Realisierung der Kontrolleinheit identifiziert:

- RGB-LED neben jeder Taste
- Taster, die durch eine normale Gummitastatur genutzt werden können
- 3-Achsen Beschleunigungssensor
- IR-Diode
- Mikrofon (PCM)
- Lautsprecher (PCM)
- Spannungsregler
- Akkuladecontroller für NiMH
- Kommunikation via Bluetooth
- Mikrocontroller, um alle erwähnten Komponenten zusammenzubringen
- Debug-Schnittstellen für den Mikrocontroller

Das folgende Kapitel widmet sich dieser Realisierung.

5 Realisierung

In diesem Kapitel wird der Hardwareentwurf erläutert. Im ersten Teil wird auf grundlegende Entscheidungen zur Hardware eingegangen und das konkrete Zusammenspiel der einzelnen Hardwarekomponenten beschrieben. Danach wird mit einer Machbarkeitsstudie die Umsetzbarkeit der in Kapitel 3 aufgestellten Anforderungen geprüft.

Im zweiten Teil wird der Hardwareentwurf mittels im Handel erhältlicher Bauteile umgesetzt. Es werden schematische Schaltungsentwürfe erzeugt, um die konkrete Zusammenschaltung der Bauteile darzustellen und um daraus das PCB für die Kontrolleinheit herstellen zu lassen.

Abbildung 5.2 zeigt das Blockdiagramm als Ergebnis des in Kapitel 4 erstellten Entwurfs. Im Mittelpunkt steht ein Mikrocontroller, der alle nötigen Schnittstellen zu allen anderen Komponenten enthält. Die Wahl fiel auf einen Mikrocontroller der MSP430F24x Reihe von Texas Instruments ([Texas Instruments, Inc. \(2007b\)](#)). Abbildung 5.1 zeigt das Pinout des Mikrocontrollers. Für die spätere Massenfertigung soll ein günstigerer Mikrocontroller aus der MSP430F23x Reihe verwendet werden. Die Schaltung soll daher Pin-kompatibel zu diesem entworfen werden.

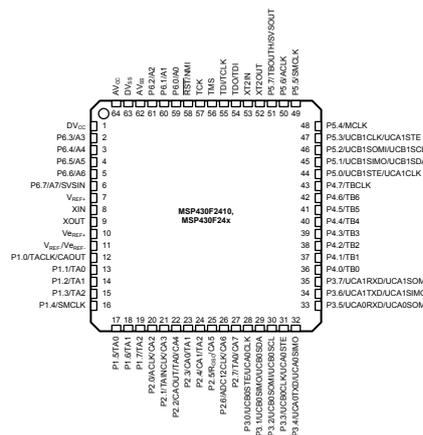


Abbildung 5.1: MSP430F24x, MSP430F2410 (Quelle: [Texas Instruments, Inc. \(2007b\)](#))

Der PCM Chip und das Bluetooth Modul haben dedizierte Schnittstellen zur Audioübertragung im PCM Format und sind direkt miteinander verbunden. Lediglich zur Steuerung kom-

muniziert der Mikrocontroller über einen I²C Bus mit dem PCM Chip. Zur Steuerung des Bluetooth Moduls und zum Senden und Empfangen von Daten wird ein UART benötigt. Die für die IR-Diode nötige Pulsweitenmodulation (PWM) erledigt ein Timerausgang. Die Daten des 3-Achsen Beschleunigungssensors werden über Analog-Digital-Konverter-Eingänge abgetastet. Die serielle und die JTAG Schnittstelle führen zu einem Steckverbinder. Über einen Pegelwandler wird die Spannung des MSP430 auf die für RS-232 übliche Spannung gewandelt. Die Taster steuern interruptfähige Port-Pins des MSP430 an.

Die Ansteuerung der LEDs und des LED Treibers erfolgt über normale Port-Pins, anstatt für den LED Treiber den übrigen SPI Port des Mikrocontrollers zu verwenden. Die Ansteuerung des Ports als SPI muß im Mikrocontroller über Software erfolgen, da der MSP430F23x zwei serielle Ports weniger hat. Auch mit dem Wegfall der seriellen Debug-Schnittstelle in der Massenfertigung würde trotzdem immer noch ein serieller Port fehlen. Dies ist der einzige Kompromiss, der für die Pin-Kompatibilität zum MSP430F23x gemacht werden muß.

5.1 Machbarkeitsstudie

Vor der entgeltigen und finanziell aufwendigen Realisierung der Kontrolleinheit, soll der Entwurf in einer Machbarkeitsstudie geprüft werden. Wenn möglich, soll die Machbarkeitsstudie auch Probanden zugänglich gemacht werden, um einen Eindruck und eine Meinung zu dem Bedienkonzept zu erhalten. Es wird jedoch nicht Ziel sein, grundsätzliche Aussagen zur Usability oder gerontologische Analysen zum Entwurf zu bekommen. Dies würde längere Testreihen durch die jeweiligen Spezialisten erfordern und würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Die Machbarkeitsstudie soll nur dazu dienen eventuelle konzeptionelle Fehler aufzudecken oder Probleme in der Robustheit oder Zuverlässigkeit festzustellen (vgl. Kapitel 3), die eine Anpassung des Entwurfs nötig machen könnten.

Die Machbarkeitsstudie wird aufgeteilt in zwei Teile. Der erste Teil testet die Interaktion von Tasten und Gesten mit einer Testanwendung auf einem PC und nutzt dafür die aus Kapitel 3.5.2 bekannte WiiMote. Der zweite Teil befaßt sich mit der Erzeugung und Übertragung von Audiodaten in einer Mikrocontrollerumgebung. Dies entspricht gleichzeitig der Aufteilung der Schnittstelle auf die beiden Bluetooth-Profile HSP und HID, dargestellt in Abbildung 4.5.

5.1.1 Tasten und Gesten

Die WiiMote deckt viele Punkte des Hardwaredesigns ab. Sie verfügt über ein Tastenkreuz mit den vier Richtungstasten und weitere sieben Tasten. Darüber hinaus hat sie vier einfarbige LEDs, die bei der WiiMote dazu dienen dem Benutzer anzuzeigen, zu welchem Spieler

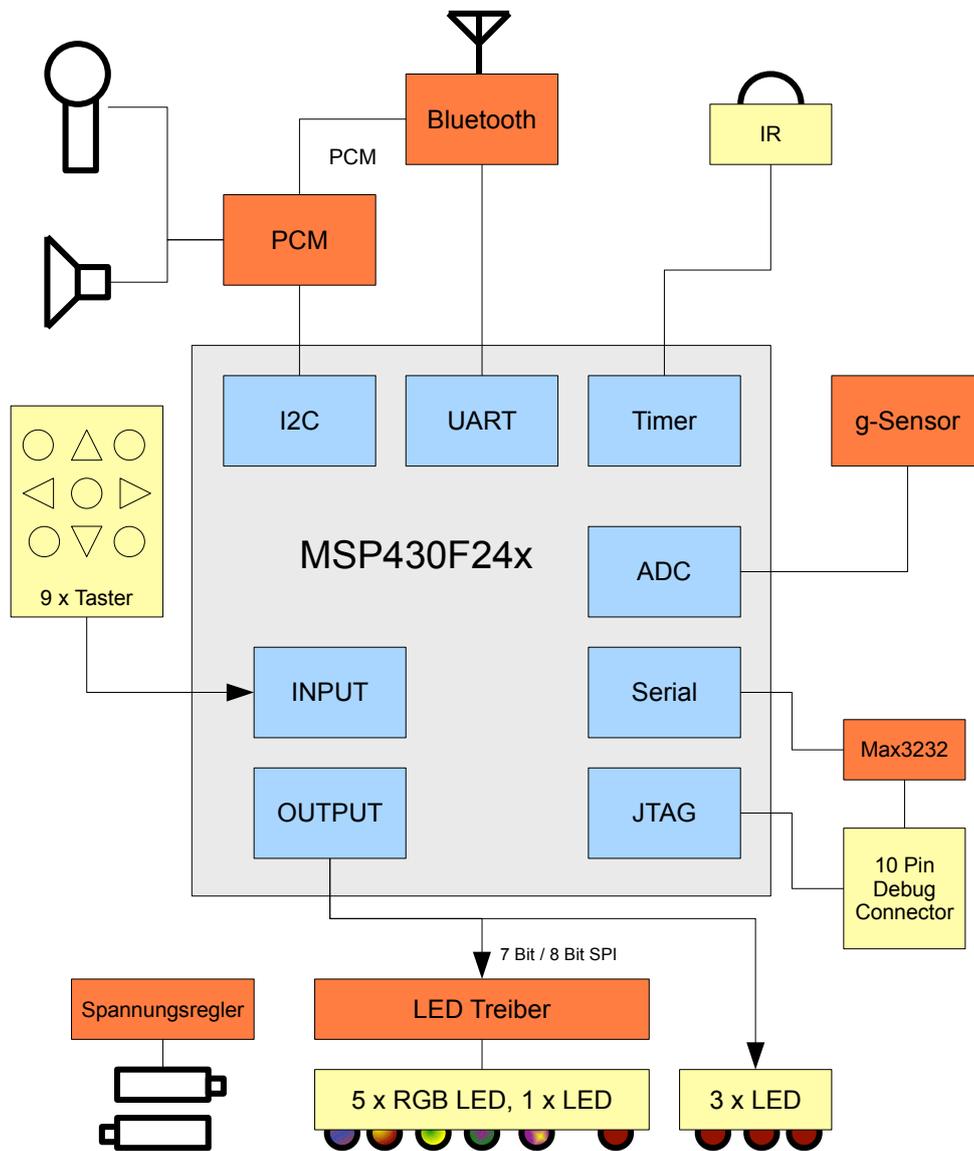


Abbildung 5.2: Blockdiagramm der Kontrolleinheit

diese Fernbedienung gehört. Ausserdem enthält sie einen 3-Achsen Beschleunigungssensor vom Typ ADXL330. Der Aufwand zum Schreiben des „Glue-Codes“ um die WiiMote mit der WebKit Anwendung zu verbinden, erwies sich als gering, da Nintendo ein weitgehend HID-konformes Gerät gebaut hat.

Als Beispielanwendung wurde ein rudimentärer, barrierefreier Browser, basierend auf Apples' WebKit¹, entwickelt. Die Verbindung zur WiiMote erfolgt über das (etwas angepaßte) WiiRemoteFramework² für Mac OS X. Die Entscheidung für eine Browserkomponente war nicht willkürlich. Auf dem Multimedia PC, den die Kontrolleinheit steuern soll, wird die GTK+³ Portierung des WebKit als Browser-Komponente laufen (siehe Softwarearchitektur 4.5) Die geladene Seite der WebKit Anwendung in Abbildung 5.3 zeigt YAST⁴, ein Tetris, geschrieben in SVG+Javascript, dass über eine im der WebKit Anwendung implementierte Javascript Schnittstelle durch die WiiMote bedient werden kann.

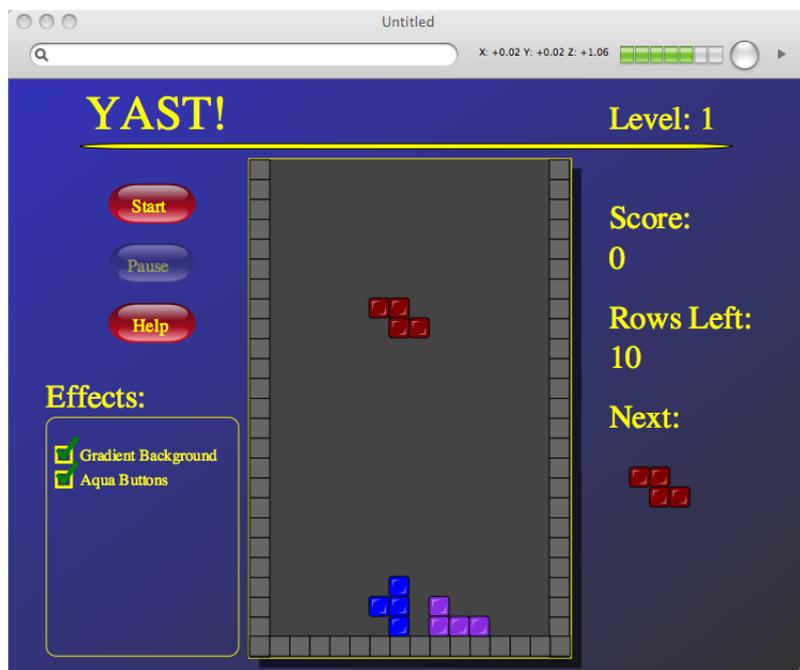


Abbildung 5.3: Bildschirmfoto WiiSen Testanwendung

¹The WebKit Open Source Project (<http://webkit.org>)

²WiiRemoteFramework (<http://sourceforge.net/projects/darwiin-remote/>)

³Gimp Tool Kit - freies Toolkit zur Erstellung von grafischen Benutzeroberflächen

⁴YAST (<http://www.codedread.com/yastframe.php>)

5.1.2 Sprache

Zum Testen der Bluetooth Komponente und der Sprachübertragung kommt das Entwickler-Board von Amber ([AMBER wireless GmbH \(2008\)](#)) zu Anwendung, auf dem mittels einer Piggy-Back Platine von Gunter Lemm ([Cordes und Lemm \(2003\)](#)) ein Mikrocontroller der MSP430-Reihe aufgesteckt wird. Die Softwaregrundlage stammt aus einem Beispiel des Herstellers und wurde für den MSP430 Mikrocontroller angepaßt. Das Entwickler-Kit enthält darüber hinaus einen PCM Chip. Mit Hilfe dieser Komponenten wird als Machbarkeitsstudie ein HeadSet realisiert.

Die Zusammenarbeit des MSP430 mit dem PCM Chip und dem Bluetooth Modul wird als besonders kritischer Punkt angesehen. Die restlichen Komponenten sind weit weniger komplex und erfordern weniger Software auf dem Mikrocontroller.

Abbildung 5.4 zeigt das Entwickler-Board. Die quadratische aufgesteckte Platine oben ist der Piggy-Back mit einem MSP430 Mikrocontroller auf der Rückseite. In der Mitte des Entwickler-Boards ist der Amber Wireless BlueNiceCom 4 mit Antenne, ebenfalls auf einer separaten Platine, die auf das Board aufgelötet ist.

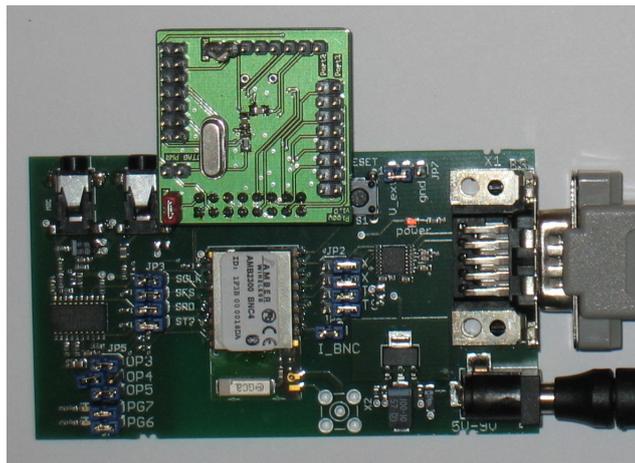


Abbildung 5.4: Amber Entwicklerplatine

Als Gegenstelle für die Bluetooth-Verbindung wird ein Mobiltelefon von Sony-Ericsson verwendet, weil davon ausgegangen werden kann, dass ein Mobiltelefon über robuste und zuverlässige Audio-Profile verfügt.

5.1.3 Ergebnis

Über die Tasten der WiiMote lassen sich Standardfunktionen des Browsers, wie *vor* und *zurück*, *hochscrollen* und *runterscrollen*, nutzen. Das Zoomen der Schrift im Browser erfolgt durch das nach vorne neigen bzw. zu sich ranziehen der WiiMote. Die Sprachübertragung über das Entwickler-Board ist etwas leise, was aber daran liegen könnte, dass die verwendeten Kopfhörer ungeeignet waren.

Grundsätzlich wurde gezeigt, dass die verwendeten Komponenten funktionieren, und dass die in Kapitel 3 und Kapitel 4 entwickelte Kontrolleinheit realisierbar ist. Im Speziellen wurde gezeigt dass sich der MSP430 für die Aufgabe als Mikrocontroller der Kontrolleinheit eignet. Es soll nun die Schaltung der Kontrolleinheit entwickelt werden. Bereits erzeugte Software für den Mikrocontroller soll dafür wieder genutzt werden.

5.2 Schaltungsentwurf

Die folgenden Abschnitte beschreiben den Schaltungsentwurf der Kontrolleinheit. Der Schaltungsentwurf wurde in Funktionsblöcke aufgeteilt. Ein Funktionsblock besteht aus einer Erläuterung, in der die Umsetzung dargestellt wird und auf Besonderheiten eingegangen wird, sowie des schematischen Schaltplans⁵.

5.2.1 3-Achsen Sensor

Als Beschleunigungssensor wird nicht der ADXL330 der WiiMote verwendet. Stattdessen wird der wesentlich günstigere MMA7261QT von Freescale benutzt, der von den Spezifikationen ähnlich ist ([Freescale, Inc. \(2007\)](#)).

Über den SleepMode kann die Stromaufnahme von maximal $800\mu\text{A}$ auf $3\mu\text{A}$ reduziert werden. Die Pin *g-Select1* und *g-Select2* erlauben eine Einstellung der Sensitivität bzw. des Messbereiches. Wenn die Pins nicht verbunden werden, sorgt ein interner Pullup für eine Grundeinstellung der Sensitivität auf 480mV/g bzw. einen Messbereich von $\pm 2,5\text{g}$. Dieser wäre ausreichend für die geplante Verwendung. Da am Mikrocontroller noch genug Pins frei sind, wurden sie verbunden um die Sensitivität bzw. den Messbereich in vier Stufen einzustellen. Die Messkanäle für die drei Achsen werden an Analog-Digital Wandler Eingänge des Mikrocontrollers angeschlossen, mit einem $1\text{K}\Omega$ Widerstand im Signalweg und einem 100nF Kondensator gegen Masse, wie im Datenblatt gefordert.

⁵Für die Veröffentlichung wurden in den Schaltplänen einige Schaltungsteile, sowie Größen von Widerständen und Kondensatoren nicht angegeben

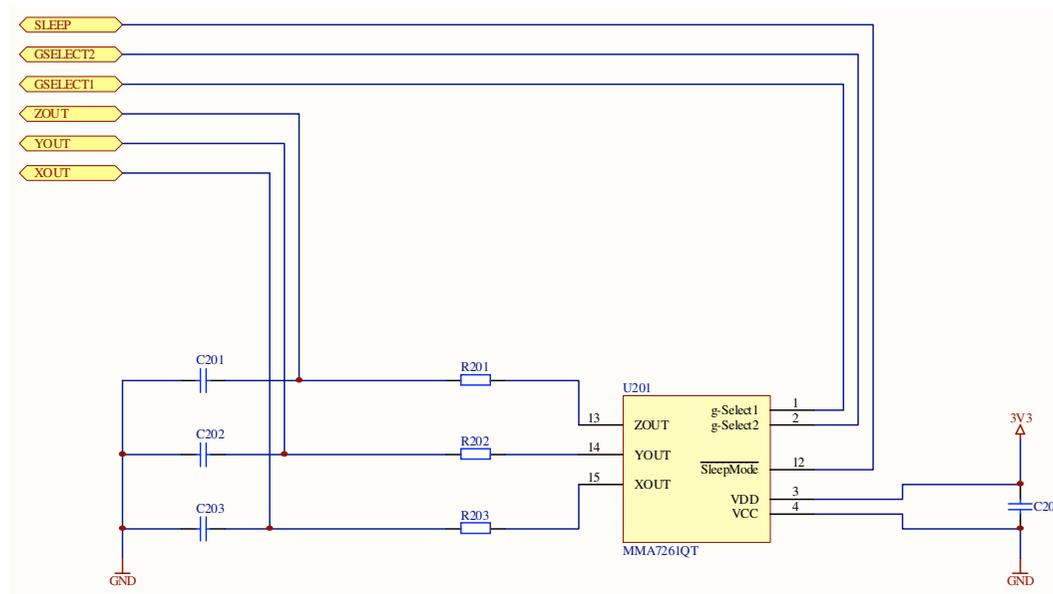


Abbildung 5.5: Schaltplan 3-Achsen Sensor

5.2.2 LED Treiber

Als Treiberbaustein für die LEDs kommt der TLC5922 zum Einsatz ([Texas Instruments, Inc. \(2005\)](#)). Dieser wird über eine SPI Schnittstelle konfiguriert und sorgt automatisch für die korrekte PWM Ansteuerung der angeschlossenen LEDs an 16 Kanälen. Die LEDs werden über eine gemeinsame Anode angeschlossen.

Da die Kontrolleinheit auf 3,3V läuft, war ein Problem mit der Vorwärtsspannung der blau leuchtenden LEDs zu erwarten. Die einfachste Lösung ist eine Ladungspumpe, die die Eingangsspannung verdoppelt bzw. auf die benötigte konstante Spannung hochzieht. Für diesen Zweck gab es nach einigem Suchen nur den REG71050 von Texas Instruments.

Passenderweise fand sich in den Schaltungsbeispielen zum Spannungswandler ([5.2.3](#)) ein Anwendungsbeispiel, bei dem zusätzlich zu den stabilisierten 3,3 V auch unstabilisiert das doppelte dieser Spannung auf einem zusätzlichen Ausgang erzeugt werden kann. Dies harmoniert perfekt mit dem TLC5922, da dieser strombegrenzt (Constant-Current Sink) ist, und die nicht stabilisierte Spannung keine Probleme bereitet, solange sie im Rahmen von 4V (die optimale Vorwärtsspannung der blauen Komponenten der LEDs) und ca. 10V (Zerstörungsgrenze der Bauteile) liegt. Man konnte somit auf den REG71050 verzichten.

Der Widerstand *R101* dient der Konfiguration des LED Treibers und begrenzt die Stromaufnahme pro Kanal. Jeder Kanal ist eine Farbkomponente einer der fünf RGB-LEDs (abgesehen vom 16. Kanal, der eine einfarbige LED steuert). Um den Prototypen nicht zu überfordern, wird der Widerstand *R101* auf $15\text{k}\Omega$ festgelegt, womit jeder Kanal auf einen maximalen Strom von etwa 3mA begrenzt ist, die zu treibende Gesamtlast maximal also etwa 50mA beträgt. 80mA ist die Obergrenze laut Datenblatt.

Der LED Treiber verbraucht laut Datenblatt rund 6mA im Leerlauf, was zuviel ist. Daher wird ein zusätzlicher Port Pin (*P2.5*) am Mikrocontroller reserviert, um über den Mosfet *Q101* die Spannung am LED Treiber bei Bedarf abzuschalten.

Ein Baustein hat 16 Ausgänge. Damit lassen sich nur fünf RGB-LEDs und eine normale LED ansteuern. Es wird daher nur das Steuerkreuz mit RGB-LEDs ausgestattet, die restlichen vier Tasten erhalten einfarbige LEDs. Der LED Treiber steuert somit fünf RGB-LEDs und eine normale LED an, die übrigen drei werden über Port-Pins des Mikrocontrollers direkt angesteuert (siehe auch Blockdiagramm [5.2](#)).

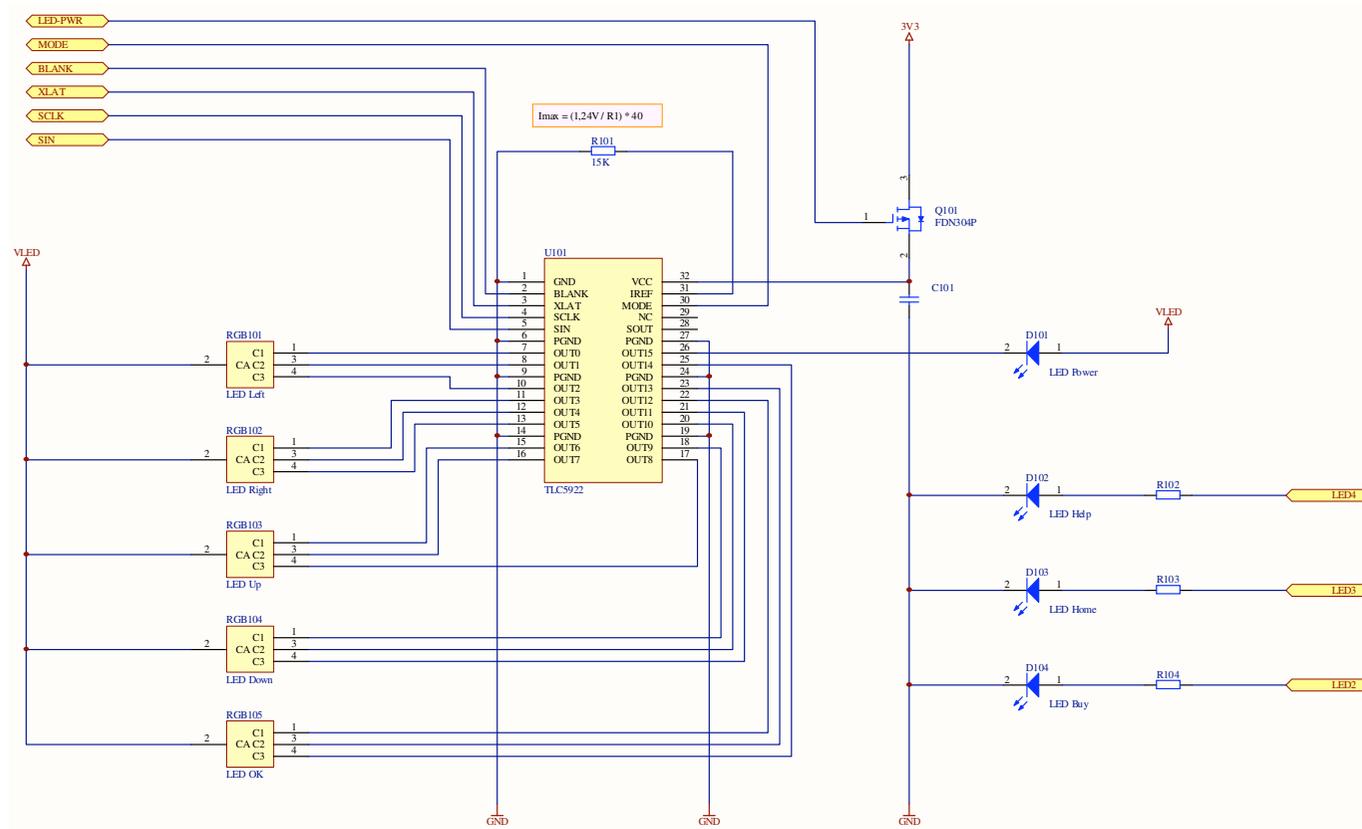


Abbildung 5.6: Schaltplan LED Treiber

RGB-LEDs

Fünf der neun LEDs werden als RGB-LEDs ausgeführt, die anderen als normale einfarbige LEDs in rot, da es aufgrund des relativ hohen Stromverbrauches des LED Treibers als nicht sinnvoll erachtet wurde, einen zweiten Treiber einzubauen. Es werden RGB-LEDs von Optek verwendet (([OPTEK Technology, Inc., 2006](#), bei Farnell)). Herstellerseitig angegeben ist für die blaue Komponente eine benötigte Vorwärtsspannung von 3,2-4,0V. Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass man sich für ein sattes Leuchten an der oberen Grenze orientieren sollte. Wegen der zu erwartenden hohen Komponentendichte auf dem PCB und um die LEDs möglichst nah an die jeweiligen Taster zu bringen, werden SMD Bausteine verwendet.

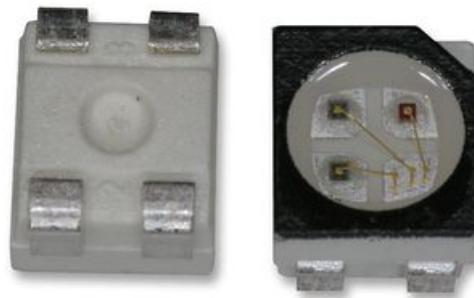


Abbildung 5.7: RGB-LED (Quelle: [OPTEK Technology, Inc. \(2006\)](#))

5.2.3 Spannungsquelle und Laderegler

Tabelle 5.1 zeigt den Strombedarf aller in der Kontrolleinheit verbauten Bauteile.

Bauteil	Strombedarf	Bedarfsart
Amber BNC4	65mA	typisch
MMA7261QT	800 μ A	maximal
TLV320AIC1110	6mA	maximal
TLC5922	60mA	maximal (alle LEDs an, keine Datenübertragung)
TLV320AIC1110	6mA	maximal
MSP430	270 μ A	typisch
MAX3221E	10 μ A	maximal
Gesamt	\approx 140mA	

Tabelle 5.1: Strombedarf aller Bauteile

Zur Energieversorgung sollen zwei AA-Batterien oder NiMH Akkus zum Einsatz kommen. Der Spannungsbedarf aller Bauteile, mit Ausnahme der blauen Komponente der RGB-LEDs,

ist stabilisierte 3,3V. Um aus zwei AA-Zellen bei jedem Ladestand stabile 3,3V zu bekommen, wird ein entsprechender DC-DC-Wandler benötigt. Von Texas Instruments wird, insbesondere im Zusammenspiel mit dem MSP430 Mikrocontroller, der Spannungswandler vom Typ TPS61070 (Texas Instruments, Inc. (2007d)) empfohlen. Laut „Marketingteil“ des Datenblattes, liefert der Wandler nur um die 150mA, was für die Kontrolleinheit, mit allen Komponenten im Betrieb, etwas knapp bemessen ist (siehe Tabelle 5.1). Glücklicherweise ist diese Aussage untertrieben, denn laut Kennlinie ist, bei einem für AA-Akkus üblichen Eingangsspannungsbereich, ein Output von 250-300mA zu erwarten. Das kann für die Kontrolleinheit als ausreichend betrachtet werden.

Die blauen Komponenten der RGB-LEDs benötigen eine Vorwärtsspannung von etwa 4V. Das Datenblatt zum TPS61070 (Texas Instruments, Inc., 2007d, S. 17) beschreibt eine Beispielschaltung, mit der man eine stabilisierte Spannung und die doppelte Spannung davon (unstabilisiert) erzeugen kann. Erreicht wird das durch die Doppel-Schottky-Diode D501. Aufgrund der besonderen Eigenschaften des LED Treibers (siehe 5.2.2) ist eine stabilisierte Spannung hier nicht nötig. Gemessen liegt die so erzeugte Spannung bei etwa 7V.

Werden Akkus verwendet, sollen diese in einer Ladeschale aufgeladen werden können (vgl. Abschnitt 3.2). Sowohl eine Schnellladung als auch eine Erhaltungsladung sollen möglich sein. Dafür wird der MAX712 (Maxim Integrated Products, Inc. (2002)) verwendet. Dieser erkennt den verwendeten Typ des Akkus (NiMH, NiCd) und schaltet nach erfolgter Schnellladung automatisch in Erhaltungsladung um.

Zum Laden von zwei AA-Akkus wird PGM0 mit V+ verbunden und PGM1 nicht verbunden. Über die Pins PGM2 und PGM3 wird eingestellt, dass die Schnellladefunktion maximal drei Stunden laufen darf (siehe 4.7). Aus dieser Festlegung ergibt sich die Dimensionierung von R504. Dieser Widerstand (mit $0,42\Omega$ etwas exotisch dimensioniert) ist dafür zuständig, den Ladeschluß anhand der Spannung zu erkennen (siehe 4.7). C507 ist ein Kondensator mit relativ hoher Kapazität und dient dazu, die Kontrolleinheit ohne Akkus zu betreiben. Diese Beschaltung sorgt außerdem dafür, dass die Kontrolleinheit weiterhin betriebsbereit ist, während die Akkus laden.

Zum Laden wird eine Gleichspannungsquelle mit 6V benötigt. Dafür kann ein typisches Kleingerätenetzteil verwendet werden, die Ausgangsleistung sollte mindestens 600mA betragen.

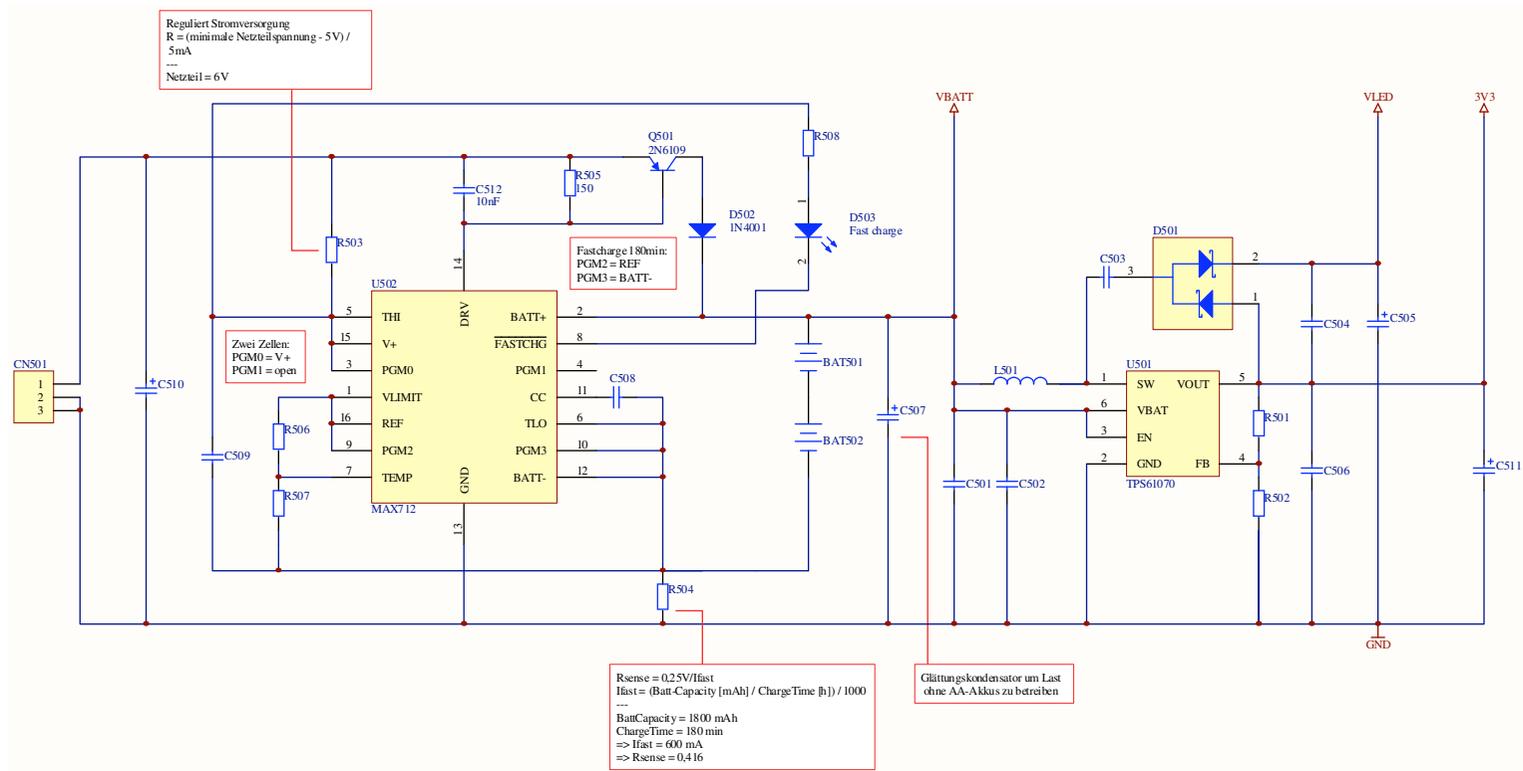


Abbildung 5.8: Schaltplan Spannungsquelle

5.2.4 Bluetooth und PCM

Als Bluetooth Modul kommt das BlueNiceComm 4 Modul von Amber zum Einsatz ([AMBER wireless GmbH \(2008\)](#)). Das Modul wird komplett beschaltet auf einer Piggy-Back Platine geliefert, die mit der kompletten HF-Elektronik bestückt ist. Daher eignet es sich sehr für den Prototypenbau. Die Kommunikation mit dem Mikrocontroller erfolgt über einen UART. Die Baudrate des UART wird über die Pins *OP3*, *OP4* und *OP5* eingestellt. Um sie auf 9600 bps zu stellen wird *OP3* gegen *VCC* geschaltet, *OP5* mit einem $1\text{K}\Omega$ Pullup ebenfalls, *OP4* wird nicht verbunden. *CTS_{BT}* und *RTS_{BT}* werden nicht genutzt und werden, wie im Datenblatt beschrieben, gegen Masse geschaltet bzw. nicht verbunden.

Der TLV320AIC1110 ([Texas Instruments, Inc. \(2001\)](#)) ist ein relativ günstiger PCM Codec, umschaltbar zwischen 15Bit linear, μ -Law und A-Law. Außerdem enthält er integrierte Verstärker für Lautsprecher und Mikrofon. Die Konfiguration durch den Mikrocontroller erfolgt über einen I²C Bus. *R304* und *R305* sind die Pullup-Widerstände des Busses. Der Anschluß von Mikrofon und Lautsprecher wurde wie im Datenblatt beschrieben vorgenommen. Die umfangreiche Konfiguration des Bausteins erfolgt komplett über den I²C Bus durch den Mikrocontroller.

Bluetooth Modul und PCM erhalten zusätzlich noch eine Reset-Leitung, die vom Mikrocontroller steuerbar ist. Beide Bauteile sind bidirektional über PCM-Leitungen miteinander verbunden, somit müssen die Audiodaten nicht über den Mikrocontroller geleitet werden. Dazu ist erforderlich, dass beide Bausteine sich auf den selben PCM Takt synchronisieren. Das Setzen der Einstellung der PCM-Clock ist beim PCM Baustein jedoch nur möglich, wenn ein Reset anliegt.

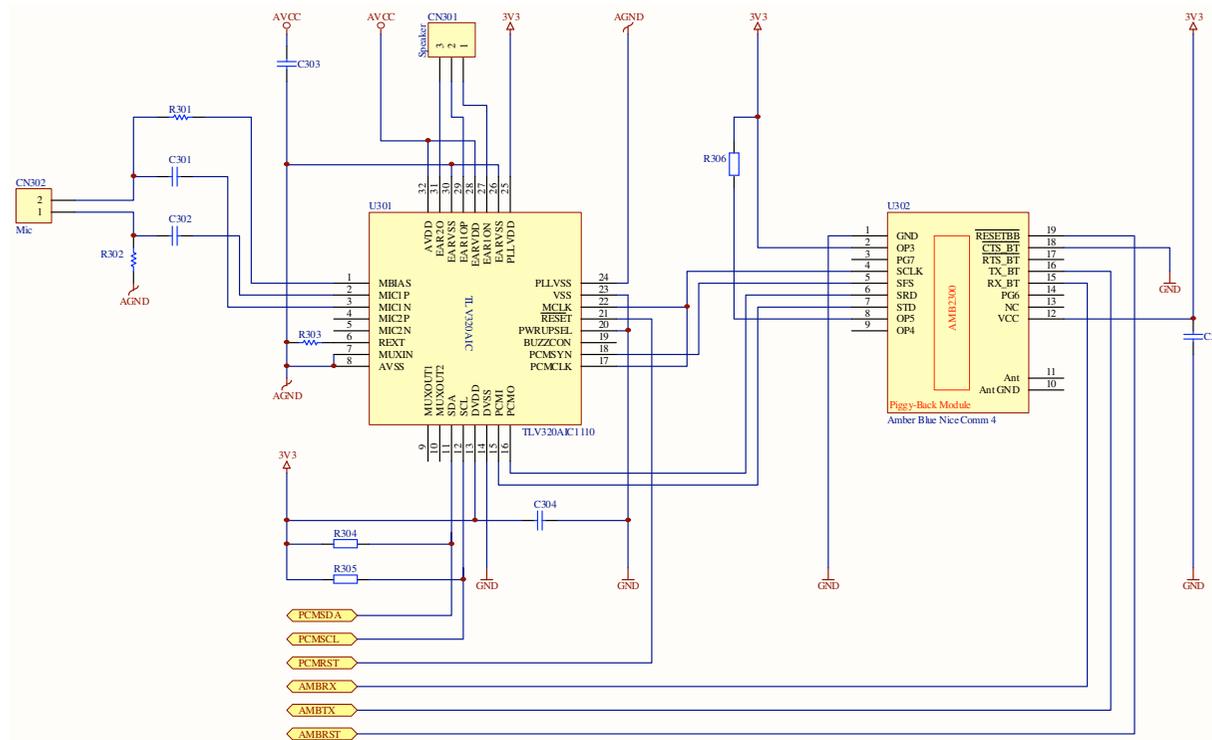


Abbildung 5.9: Schaltplan PCM und Bluetooth Modul

5.2.5 Tastenmatrix

Statt neun Port-Pins für die neun Tasten zu verschwenden, wurde eine Tastenmatrix erstellt. Aus drei Eingängen und drei Ausgängen können neun einzelne Zustände folgendermaßen abgeleitet werden: zunächst sind alle Ausgänge *HI* geschaltet, die Eingänge sind im *Pull-down* Betrieb. Ein Tastendruck löst an einer der drei Eingänge einen Interrupt aus. In einer Schleife wird dann jeweils nur ein Ausgang auf *HI* gelegt und der Zustand der Eingänge wird ausgewertet. So entsteht eine Bitmaske, die den Zustand aller Taster zeigt.

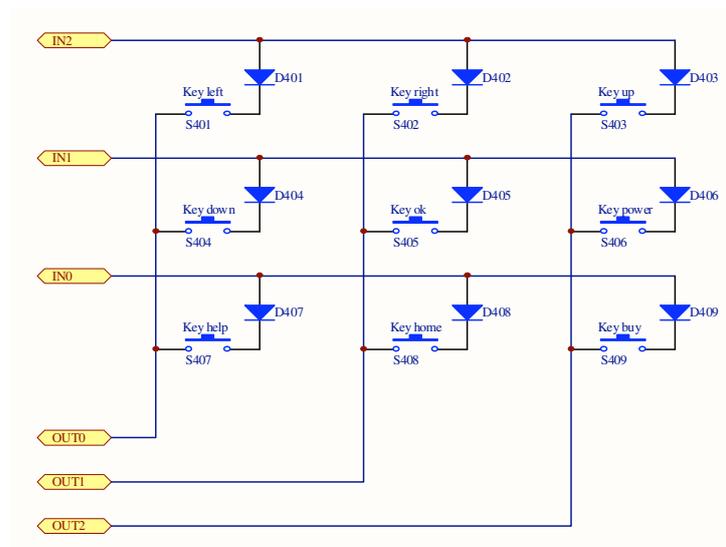


Abbildung 5.10: Schaltplan Tastenmatrix

5.2.6 Mikrocontroller mit Komponenten

Der Schaltplan 5.11 zeigt den Gesamtschaltplan mit dem Mikrocontroller und den vorangegangenen Schaltplänen, integriert als Funktionsblöcke. Ausnahme ist die Spannungsversorgung. Deren Verbindung erfolgt über das *3V3* bzw. *GND* Netzsymbol.

Die zu erwartende Programmgröße für die Software im Mikrocontroller wurde mit Hilfe der Machbarkeitsstudie geschätzt (siehe Tabelle 5.2). Basierend auf dieser Abschätzung wird der MSP430F247 (Texas Instruments, Inc. (2007b)) verwendet. Dieser hat 32Kb internen Flash Speicher und 4Kb RAM.

Die weiteren Bauteile, die hier zu finden sind, sind die IR Diode, ein 4MHz Quartz und ein MAX322 Pegelwandler für die serielle Schnittstelle für Debug-Zwecke. Der 3,3V Pegel des Mikrocontrollers wird hiermit auf die für RS-232 üblichen 12V gehoben. Da die GaAs IR

Subsystem	Codegröße [Kb]
Bluetooth und PCM	16
restliche Komponenten	4
Gesamt	20

Tabelle 5.2: Abschätzung des Platzbedarfs der Software im Mikrocontroller

Diode leicht beschädigt werden kann, wenn sie zu langem Stromfluß ausgesetzt ist, wird während der Entwicklung ein Vorwiderstand vorgesehen, der später zum Testen mit einem Jumper (*CB1*) überbrückt werden kann.

5.2.7 PCB Layout

Die Schaltpläne sowie das PCB Layout wurden mit der Software Protel⁶ DXP 2004 erstellt. Das Werkzeug erlaubt das automatische Platzieren der Bauteile aus den schematischen Schaltplänen in das PCB Layout.

Aus Kostengründen wurde die Platine nur zweilagig vorgesehen. Der Autorouter des verwendeten Werkzeugs hatte, ob der hohen Bauteildichte, daher erhebliche Probleme ein PCB Layout zu erzeugen. Dies führte dazu, dass alle Leitungen auf dem PCB per Hand bearbeitet werden mussten⁷.

Die hohe Bauteildichte machte zudem die ausschließliche Verwendung von SMD Bauteilen notwendig, welche beidseitig auf die Platine positioniert wurden.

Abbildung 5.12 zeigt ein 3D Modell der bestückten Platine von oben.

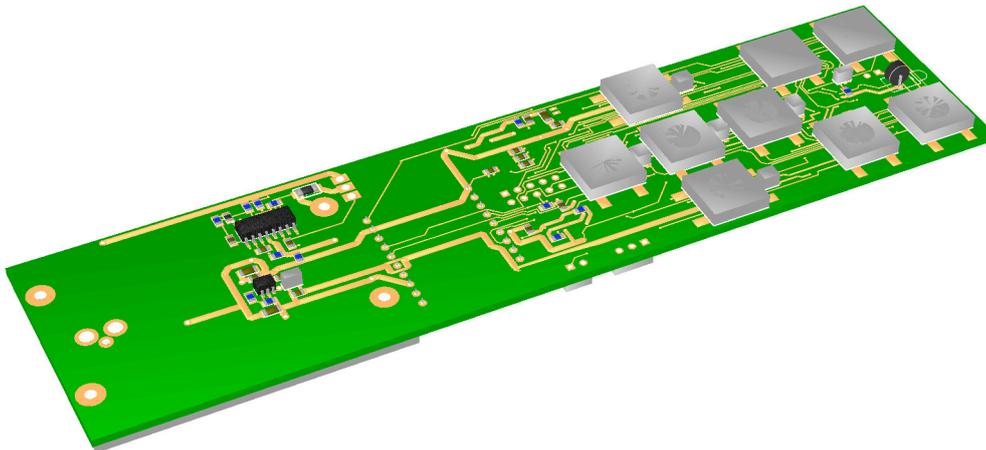


Abbildung 5.12: 3D Modell der bestückten Platine (Oberseite)

Abbildung 5.13 zeigt ein 3D Modell der bestückten Platine von unten.

Nach Fertigung des Prototypen ist die Software des Mikrocontroller zu schreiben. Diese besteht im wesentlichen aus dem Code, der für die Machbarkeitsstudie (5.1.2) erstellt wurde. Als Compiler kommt der *mspgcc*⁸ zum Einsatz. Als Entwicklungsumgebung wird Eclipse⁹ genutzt. Zum Programmieren und Debuggen des Mikrocontrollers wird der MSP-FET430UIF USB JTAG Adapter verwendet.

⁶Altium ehem. Protel (<http://www.protel.com/>)

⁷... und ich erlaube mir an dieser Stelle noch mal auf die Danksagung zu verweisen

⁸mspgcc - GCC toolchain for MSP430 (<http://mspgcc.sourceforge.net/>)

⁹Eclipse - an open development platform (<http://www.eclipse.org/>)

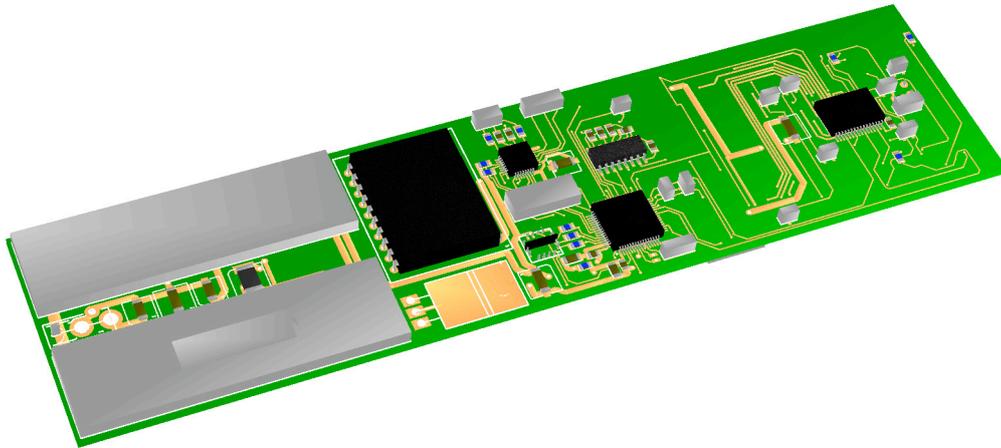


Abbildung 5.13: 3D Modell der bestückten Platine (Unterseite)

5.3 Fazit

Es ist eine Kontrolleinheit entstanden, die die in Kapitel 3 gestellten Anforderungen erfüllen kann und den Entwurfsentscheidungen aus Kapitel 4 weitgehend entspricht.

Eine Einschränkung wurde zum Entwurf (siehe 4.4) vorgenommen. Es werden nur fünf statt alle neun Tasten mit RGB-LEDs beleuchtet. Es gab keinen stromsparenden LED-Treiber, der die dafür erforderlichen 27 Kanäle hatte. Die Entwürfe wurden nach Rücksprache mit dem Projekt Abendsonne entsprechend geändert.

Die implementierten multimodalen Feedback-Mechanismen sind zwar einfach aber auch vielseitig und intuitiv. So kann man z.B. einem Schwerhörigen, dem der Fernseher zu leise ist, zusätzlich optische Rückmeldung geben. Eine rot leuchtende LED macht ihn darauf aufmerksam, dass der Fernseher viel zu laut ist. So wird ihm aufgezeigt, dass der Fernseher sich nur zu leise anhört, weil er sein Hörgerät abgeschaltet hat.

Bezogen auf die Qualität der in diesem Kapitel behandelten Realisierung, ist der Energieverbrauch der kritische Punkt der Kontrolleinheit. Erste Praxistests mit Prototypen werden zeigen müssen, ob dieser in einem Rahmen der Alltagstauglichkeit bleibt. Es wurden bevorzugt elektronische Komponenten mit niedrigem Energieverbrauch gewählt und in Abschnitt 5.2.3 wurden Berechnungen zur Schätzung des Gesamtverbrauchs angestellt. Trotzdem sind derartige Berechnungen immer mit Unsicherheiten behaftet, z.B. wird die herstellerseitige Korrektheit der Datenblätter angenommen. Viele Verbesserungen der Energieeffizienz sind dabei über Optimierung der Software möglich, indem nicht benötigte Komponenten abgeschaltet werden könnten. Wenn die Komponenten dies vorsahen, wurden Leitungen zum Abschalten bzw. zum Aktivieren des Energiesparmodus von Komponenten vorgesehen.

Sinnvoll für eine spätere Version wäre die Möglichkeit, den exakten Standort der Kontrolleinheit zu bestimmen. Dies könnte geschehen, indem mehrere Bluetooth Verbindungspunkte in der Wohnung verteilt werden und die jeweiligen Sendestärken der Kontrolleinheit gemessen werden. Der Standort könnte so über Triangulation bestimmt werden. Aber auch Techniken, die in die Kontrolleinheit integriert werden können, sind denkbar. Zur Standortbestimmung in Gebäuden siehe auch die Arbeit von Sebastian Gregor ([Gregor \(2006\)](#)).

Eine weitere sinnvolle Erweiterung könnte möglicherweise ein MOT-Chip aus der WiiMote sein, wie ihn auch Christian Fischer ([Fischer \(2007\)](#)) verwendet hat. Obwohl zu erwarten ist, dass ein präzises Zeigewerkzeug im Ambient Assisted Living praktisch kaum einsetzbar ist (vgl. Abschnitt [3.5.2](#)), würden sich vielleicht doch Anwendungsfälle finden lassen, in denen sich eine "unscharfe" Variante der Zeigeinteraktion einsetzen läßt.

6 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war die Erstellung eines Prototypen einer Kontrolleinheit, die es alten und behinderten Menschen ermöglicht, über eine kleine Menge an Befehlen, eine barrierefreie Benutzeroberfläche auf einem herkömmlichen Multimedia PC oder einer Set-Top-Box zu bedienen. Die Kontrolleinheit ist Bestandteil eines Systems, das alte und behinderte Menschen in ihrem häuslichen Umfeld unterstützen soll und sich dabei mit Hilfe von multimodalen Interaktionsmöglichkeiten bestmöglich an ihre Bedürfnisse und Fähigkeiten anpaßt.

Im zweiten Kapitel wurde ein fiktives Szenario (2.2) aufgestellt, welches die Protagonistin Sal im Zusammenleben mit einem häuslichen Assistentensystem zeigt, das durch die in dieser Arbeit entworfene Kontrolleinheit bedient wird. Sal bewältigt mit dessen Hilfe ihren Alltag, der durch altersbedingte körperliche Einschränkungen erschwert ist. Es wurde angedeutet, dass die Kontrolleinheit das Telefon und die Fernbedienung des Fernsehers ersetzt. An das Assistentensystem angeschlossen sind ein Fernseher, eine rudimentäre Haussteuerung und ein (weltweites) Kommunikationsnetz. Die beschriebenen Handlungen von Sal stehen beispielhaft für die wichtigsten Eckpunkte des Projekts Abendsonne: Unterhaltung, Kommunikation und Haussteuerung bzw. Ambient Assisted Living.

In Kapitel 3 wurde dieses Szenario nach Methoden des Software-Engineering analysiert und die Anforderungen der Kontrolleinheit definiert, die sich aus dem Szenario direkt oder indirekt ergaben. Es wurde ein Steuerungskonzept skizziert, das die multimodale Bedienung mittels Sprache, Tasten und Gesten ermöglicht und die nötigen Voraussetzungen für eine Implementation dieser Techniken erläutert. Zwei Beispiele wurden vorgestellt und rundeten das Kapitel ab: das Projekt EMBASSI, das ein ähnliches Ziel verfolgt wie das Projekt Abendsonne und die Wii Spielkonsole, dessen WiiRemote Controller den aus der Analyse gewonnenen Anforderungen am nächsten kam.

In Kapitel 4 wurde das Gesamtsystem, also auch der Multimedia PC in Form einer Set-Top-Box und die Anwendungsplattform, sehr weitreichend mit einbezogen, in der Absicht, die Eigenschaften und Funktionen der Kontrolleinheit genauer bestimmen zu können. Nachdem in der Analyse festgelegt wurde, was die Kontrolleinheit können muß, wurde über eine Zerlegung in Schichten und dann in Komponenten festgelegt, wie die Kontrolleinheit zu implementieren ist.

Die großen Problemstellungen von multimodalen Systemen, wie z.B. bei EMBASSI die Kontextverknüpfung zwischen Zeigegesten und Sprachkommandos (siehe [Elting u. a. \(2003\)](#)), wurden hier nicht behandelt, da die Kontrolleinheit nicht als Zeigegerät konzipiert ist und dies zudem den Rahmen der Arbeit gesprengt hätte.

In Abschnitt [4.3.2](#) zeigte sich an zwei Beispielen des Szenarios, die mittels Sequenzdiagrammen dargestellt wurden, dass selbst der Aufenthaltsort des Benutzers eine wichtige Information zum Kontext sein kann, um die Anzeige auf dem Fernsehgerät davon abhängig zu machen, ob der Benutzer überhaupt davor sitzt. Ohne die nötige *Ambient Intelligence* kann lediglich festgestellt werden, ob der Fernseher an ist oder nicht (z.B. über *AV.link*, siehe [4.5](#)). Die Frage, die sich hier stellt, ist, ob es ausreicht anzunehmen, dass vor einem angeschalteten Fernseher jemand sitzt, oder ob ein angeschalteter Fernseher innerhalb kürzester Zeit die Aufmerksamkeit auf sich ziehen kann. In einer kleinen Seniorenwohnung ist dies wahrscheinlich kein Problem.

Das in der Analyse skizzierte Steuerungskonzept mit den Modalitäten Sprache, Tasten und Gesten wurde konkretisiert und wurde somit festgelegt, welche Hardwarekomponenten und Protokolle in der Realisierung genutzt werden sollen.

In Kapitel [5](#) wurde der Entwurf umgesetzt. Mit einer zweiteiligen Machbarkeitstudie wurde der Entwurf zunächst auf seine Umsetzbarkeit geprüft. Im weiteren Verlauf wurde die Umsetzung der einzelnen Komponenten mit Erläuterungen und den schematischen Schaltplänen beschrieben. Das abschließende Fazit [5.3](#) des Kapitels ging auf Änderungen in Details der Implementierung ein und es wurden Lösungsansätze für eine Standortbestimmung des Benutzers und eine potentielle Erweiterung der Kontrolleinheit gezeigt.

Abschließend kann gesagt werden, dass die entwickelte Kontrolleinheit das Potential hat, wie im dargestellten Szenario zu funktionieren. Die gestellten Anforderungen konnten erfüllt werden. Allerdings werden erst Studien des gesamten Systems in der Praxis zeigen können, ob auch das Szenario erfüllt wurde.

6.1 Ausblick

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag leisten, der es alten und pflegebedürftigen Menschen ermöglicht, länger in ihrer gewohnten Umgebung zu verbleiben. Die Hoffnung ist, dass die Senioren ein System annehmen, das auf den Metaphern des Telefonierens und des Fernsehens aufbaut. Hier müssen Studien mit Senioren zeigen, ob diese Bereitschaft gegeben ist und ob der Transferschritt von der Bedienung des Fernsehers zur Bedienung eines Assistenzsystems von ihnen zu leisten ist. Der theoretische Nutzen eines solchen Systems wird wohl von niemandem bestritten werden. Jedoch können erst die Studien zeigen, ob sich

dieser theoretische Nutzen auch in einen praktischen Nutzen umsetzen läßt. Die Erfolge der Wii, gerade bei Senioren, (siehe 3.5.2) deuten darauf hin, dass dies möglich sein könnte.

Bereits in der Vision (2) wurde angedeutet, dass ein Grundpfeiler des Erfolges sein wird, Menschen im fortgeschrittenem Alter nur noch mit bekannten Metaphern zu konfrontieren. Es ist jedoch naiv zu glauben, dass eine vereinfachte Fernbedienung ausreicht, um einen Erfolg gewährleisten zu können. Genausowenig kann davon ausgegangen werden, dass alte Menschen ein Assistenzsystem bedienen können, nur weil es intuitiv ist.

Daher ist es vielleicht ein Fehler, ein System vorrangig für Senioren entwickeln zu wollen. Vielmehr müßte das Assistenzsystem frühzeitig, und nicht erst im fortgeschrittenen Alter, Bestandteil des Alltags sein. Dadurch würde man erreichen, dass das Assistenzsystem im Alter bereits völlig in der natürlichen Umgebung verschwunden ist und seine Bedienung zur alltäglich Gewohnheit geworden ist.

Um Menschen in ausreichender Weise und umfassend unterstützen zu können, benötigt ein Assistenzsystem sehr viele Informationen. Die Arbeit hat gezeigt, welche hohen Anforderungen an die *Ambient Intelligence* gestellt werden, um ein paar triviale Anwendungsfälle zu erfüllen. Es besteht jedoch kaum ein Zweifel, dass die Entwicklung in diesem Bereich in den nächsten Jahren weiter voran gehen wird.

Mit dem hier vorgestellten System besteht die Möglichkeit, den fremdbestimmten Anteil des Lebens, der durch eine Pflegebedürftigkeit entstehen kann, zu optimieren, und dadurch Pflegekosten zu senken. Das Ziel ist also klar: die Errungenschaften des Ubiquitous Computing sollen eingesetzt werden, um den Senioren die Teilnahme an sozialem Leben zu ermöglichen, wodurch Autonomie und Selbstbestimmung erhöht werden können. Die Balance zwischen bewußtem Eingreifen und unbewußtem Handeln durch ein Assistenzsystem kann dabei komplett durch den Menschen bestimmt werden.

Solange Sal noch zum Fenster gehen und es selbstständig öffnen oder schließen kann, wird sie es wahrscheinlich tun. Erst wenn sie es nicht mehr kann, wird sie ein Assistenzsystem dafür nutzen. Sie wird das Fenster wahrscheinlich nicht öffnen, indem sie zu einem in der Wand montierten Computer geht, sich durch ein Menü hangelt, bis sie in der Haussteuerung das richtige Fenster gefunden hat, den Befehl *Öffnen* wählt und die Sicherheitsabfrage bestätigt. Sie wird viel eher ihre Kontrolleinheit nehmen, auf das Fenster deuten und eine Bewegung machen, die aussieht, als würde sie den Hebel des Fensters drehen. Das Projekt Abendsonne sieht in dieser Zurückgewinnung bzw. Erhaltung von Autonomie einen wichtigen Schritt, da es ein häufig im Altenpflegebereich auftretendes Phänomen ist, dass Senioren wesentlich schneller körperlich und geistig verfallen, wenn diese Autonomie nicht gefördert wird. Erst wenn Sal das Assistenzsystem nicht mehr bedienen kann, wird ihr Leben in immer höherem Maße fremdbestimmt. Das System wird sie an Dinge erinnern, und auch den Pflegedienst selbsttätig hereinlassen, wenn Sal die Tür nicht öffnet.

Wenn die in dieser Arbeit beschriebene Kontrolleinheit marktreif ist, wird sie in der Praxis nur einen Teil der Funktionen nutzen können, da man die intelligente Wohnung derzeit noch selten findet. In den nächsten fünf Jahren wird sich daran wohl auch nicht viel ändern. Bis sich Ideen, wie das Fraunhofer Haus ([Fraunhofer Gesellschaft \(2006\)](#)), in der breiten Masse durchsetzen, wird, aufgrund der langen Nutzungsdauer von Immobilien, viel Zeit vergehen.

Viele Ideen aus Mark Weisers' Vision sind bereits in der Realität anzutreffen. Man kann dies als Indiz dafür deuten, dass er die Entwicklungen der Informationstechnologie, insbesondere in ihren Auswirkungen auf den Menschen, richtig eingeschätzt hat. Visionen entwickeln sich und erhalten im Laufe ihrer Entwicklung regelmäßig einen *Reality Check*, eine Überprüfung, ob sie in der Gegenwart immer noch sinnvoll erscheinen. Manche Visionen stellen sich als überholt heraus, weil sie durch andere Entwicklungen überlagert wurden und nun obsolet sind, andere erweisen sich als zutreffend und ziehen eine zunehmende Zahl fähiger Menschen an, die es sich zum Ziel machen, diese Visionen umzusetzen.

“The best way to predict the future is to invent it.” – Alan Kay

Literaturverzeichnis

- [AMBER wireless GmbH 2008] AMBER WIRELESS GMBH: *Handbuch AMB2300 v2.0 - BlueNiceCom 4*. 2008. – URL http://www.amber-wireless.de/pdf/AMB2300_HB_V2.0.pdf
- [Boetzer u. a. 2008] BOETZER, J. ; RAHIMI, M. ; VOGT, M. ; WENDT, P. ; K.V.LUCK: Gestenbasierte Interaktion mit Hilfe von Multitouch und Motiontracking. In: *Proceedings WIWITA* (2008), 5, S. 38–49
- [Bray und Sturman 2002] BRAY, Jennifer (Hrsg.) ; STURMAN, Charles F. (Hrsg.): *Bluetooth 1.1: Connect Without Cables 2nd Edition*. Prentice Hall, 2002. – ISBN 0-13-066106-6
- [Bundesministerium für Bildung und Forschung 2008] BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG: *2. Deutscher Ambient Assisted Living Kongress*. 2008. – URL <http://www.aal-kongress.de/>
- [Carrasco u.a. 2007] CARRASCO, E. ; GÖLLNER, C. ; ORTIZ, A. ; GARCÍA, I. ; BUIZA, C. ; URDANETA, E. ; ETXANIZ, A. ; GONZÁLEZ, M.F. ; LASKIBAR, I.: *Enhanced TV for the Promotion of Active Ageing*. 2007. – URL http://www.i2home.org/Portals/0/Documents/aaate2007_EnhancedTVforthePromotionofActiveAgeing.pdf
- [Cordes und Lemm 2003] CORDES, Dietmar ; LEMM, Gunter: *Entwicklung einer mikroprozessorbasierten Sensor- / Aktorerweiterung für das LEGO-Mindstorm System*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Diplomarbeit, 2003. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/cordes/diplom.pdf>
- [Deutsches Institut für Normung, e.V. 1999] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, E.V.: *DIN EN 50157-2-1: Kennwerte für die Kleinsignalverbindung zwischen elektronischen Geräten für den Heimgebrauch und ähnliche Anwendungen: AV.link - Teil 2-1: Qualitatives Anpassen von Signalen und automatisches Auswählen von Signalquellen*. 5 1999
- [Eltling u. a. 2003] ELTLING, C. ; RAPP, S. ; MÖHLER, G. ; STRUBE, M. ; WILLIAMS, J.: *The Use of Multimodality within the EMBASSI System*. 2003. – URL <http://www.embassi.de/publi/veroeffent/EltlingStrube.pdf>
- [Fischer 2007] FISCHER, Christian: *Entwicklung eines multimodalen Interaktionssystems für computergestützte Umgebungen*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Diplomarbeit, 2007

- [Fraunhofer Gesellschaft 2006] FRAUNHOFER GESELLSCHAFT: *inHaus1: Innovationen für Wohnimmobilien*. 2006. – URL http://www.inhaus-zentrum.de/site_de/?node_id=2219
- [Freescale, Inc. 2007] FREESCALE, INC.: *MMA7261QT*. 2007. – URL http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7261QT.pdf
- [Gamma u. a. 2005] GAMMA, Erich ; HELM, Richard ; JOHNSON, Ralph ; VLISSIDES, John: *Design Patterns - Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison Wesley, 2005. – ISBN 0-201-63361-2
- [GPI International, Ltd. 2006] GPI INTERNATIONAL, LTD.: *Nickel Metal Hydrite Technical Handbook*. 2006. – URL http://www.gpbatteries.com/html/pdf/NiMH_technical.pdf
- [Gregor 2006] GREGOR, Sebastian: *Entwicklung einer Hardwareplattform für die Ermittlung von Positionsdaten innerhalb von Gebäuden*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Bachelorarbeit, 2006. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/bachelor/gregor.pdf>
- [Hanak u. a. 2007] HANAK, David ; SZIJARTO, Gabor ; TAKACS, Barnabas: *A Mobile Approach to Ambient Assisted Living*. 2007. – URL http://www.cs.bme.hu/~dhanak/iadis_wac.pdf
- [Heitsch 2008] HEITSCH, Johann: *Framework für die Erkennung von dreidimensionalen Gesten*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Bachelorarbeit, 2008. – (in Arbeit)
- [International Telecommunication Union 1993] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION: *Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies, ITU-T Recommendation G.711*. 1993. – URL http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.711-198811-I!!PDF-E&type=items
- [Ishii u. a. 1994] ISHII, Hiroshi ; KOBAYASHU, Minoru ; ARITA, Kazuho: Iterative design of seamless collaboration media. In: *Communications of the ACM* ISSN 0001-0782 (1994), Nr. 8, S. 83–97
- [Kahlbrandt 2001] KAHLBRANDT, Bernd (Hrsg.): *Software-Engineering mit der Unified Modelling Language*. Springer, 2001. – ISBN 3-540-41600-5
- [Kuratorium Deutsche Altershilfe 2005] KURATORIUM DEUTSCHE ALTERSHILFE: *Kleine Dienstleistungen und niedrigrschwellige Dienste*. 9 2005. – URL http://www.hilfe-und-pflege-im-alter.de/content/showarticles.php?id_art=12
- [Maxim Integrated Products, Inc. 2002] MAXIM INTEGRATED PRODUCTS, INC.: *NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers*. 4 2002. – URL <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX712-MAX713.pdf>

- [Nintendo 2007] NINTENDO: *Wii mit Wiimote*. 2007. – URL <http://www.nintendo.com/>
- [OPTEK Technology, Inc. 2006] OPTEK TECHNOLOGY, INC.: *OVSARGB3R8 Full Color PLCC4 LED*. 2006. – URL <http://www.farnell.com/datasheets/104643.pdf>
- [Osius 2006] OSIUS, Hannes: *Entwicklung eines ubiquitären Media-Centers als Set-Top-Box*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Diplomarbeit, 2006. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/diplom/osius.pdf>
- [Raasch 1992] RAASCH, Jörg (Hrsg.): *Systementwicklung mit Strukturierten Methoden*. Hanser, 1992. – ISBN 3-446-17263-7
- [Rekimoto 1996] REKIMOTO, Jun: Tilting operations for small screen interfaces. In: *UIST '96: Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA (1996), S. 167–168. ISBN 0-89791-798-7
- [Rettinger 2003] RETTINGER, Christoph: *Barrierefreies Webdesign - Prinzipien, deren Anwendung und Konzeption eines Lehrganges*, Technische Universität Wien - Interuniversitären Institut für Informationssysteme, Diplomarbeit, 2003. – URL <http://www.is.tuwien.ac.at/publications/2003rettinger.pdf>
- [Statistisches Bundesamt 2006] STATISTISCHES BUNDESAMT: *11. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. 2006. – URL <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/>
- [Tanenbaum und van Steen 2002] TANENBAUM, Andrew (Hrsg.) ; STEEN, Maarten van (Hrsg.): *Distributed System Principles and Paradigms*. Prentice Hall, 2002. – URL <http://www.prenhall.com/tanenbaum/>. – ISBN 0-13-088893-1
- [Texas Instruments, Inc. 2001] TEXAS INSTRUMENTS, INC.: *TLV320AIC1110 PCM Codec*. 2001. – URL <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tlv320aic1110.pdf>
- [Texas Instruments, Inc. 2005] TEXAS INSTRUMENTS, INC.: *TLC5922 LED Driver*. 2005. – URL <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tlc5922.pdf>
- [Texas Instruments, Inc. 2007a] TEXAS INSTRUMENTS, INC.: *MSP430F41x Device Errata-sheet*. 2007. – URL <http://focus.ti.com/lit/er/slaz015a/slaz015a.pdf>
- [Texas Instruments, Inc. 2007b] TEXAS INSTRUMENTS, INC.: *MSP430x41x Mixed Signal Microcontroller*. 2007. – URL <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f247.pdf>

- [Texas Instruments, Inc. 2007c] TEXAS INSTRUMENTS, INC.: *MSP430x4xx Family User's Guide*. 2007. – URL <http://focus.ti.com/lit/ug/slau056g/slau056g.pdf>
- [Texas Instruments, Inc. 2007d] TEXAS INSTRUMENTS, INC.: *TPS61070 90% efficient Synchronous Boost Converter with 600-mA Switch*. 2007. – URL <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tps61070.pdf>
- [Wang u. a. 2008] WANG, Qixin ; SHIN, Wook ; LIU, Xue ; ZENG, Zheng ; OH, Cham ; ALS-HEBLI, Bedoor K. ; CACCAMO, Marco ; GUNTER, Carl A. ; GUNTER, Elsa ; HOU, Jennifer ; KARAHALIOS, Karrie ; SHA, Lui: *I-Living: An Open System Architecture for Assisted Living*. 2008. – URL <http://seclab.uiuc.edu/pubs/WangSLZOACGGHKS06.pdf>
- [Weiser 1991] WEISER, Mark: The Computer for the Twenty-First Century. In: *Scientific American* 265 (1991), S. 94–104
- [Wollert 2002] WOLLERT, Jörg F. (Hrsg.): *Das Bluetooth Handbuch*. Franzis, 2002. – ISBN 3-7723-5323-1
- [Zagler 2006] ZAGLER, Wolfgang: *Ambient Assisted Living - Ein (möglicher) Forschungsschwerpunkt für das 7. EU Rahmenprogramm*. 2006. – URL http://www.iktforum.at/IKTforum2006/Vortrag/Wolfgang%20Zagler_AAL.pdf

Alle Hyperlinks wurden am 6. August 2008 auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft

A Platine

Die folgenden Abbildungen zeigen das Ergebnis der Synthese der erstellten Schaltpläne. Gut zu erkennen ist der freie (weiße) Bereich für das Bluetooth Modul am rechten Rand unterhalb der Mitte. In diesem Bereich befindet sich die Antenne. Er muß freigehalten werden, um den Funk nicht zu stören. Zu beachten ist, dass dieser Bereich nur frei von Kupferflächen ist und nicht ausgefräst wurde, um der Platine keine Sollbruchstellen beizubringen (vgl. dazu Abschnitt [4.8](#)).

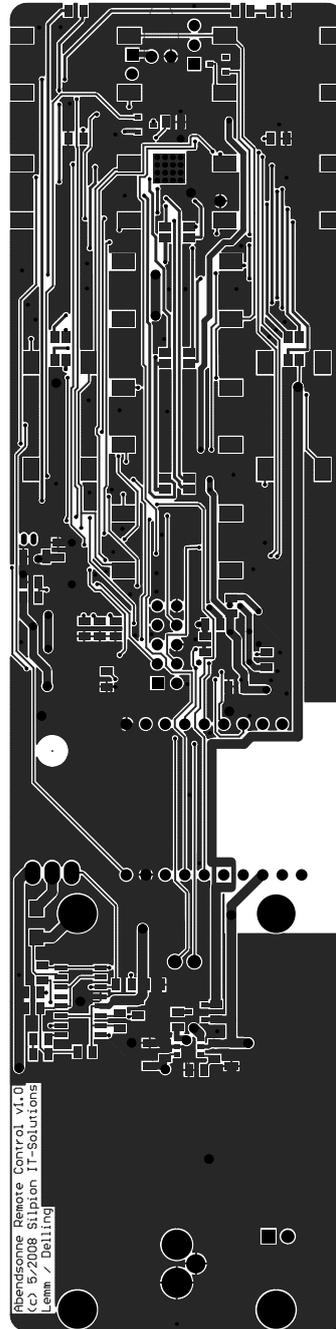


Abbildung A.1: Platinenlayout Oberseite

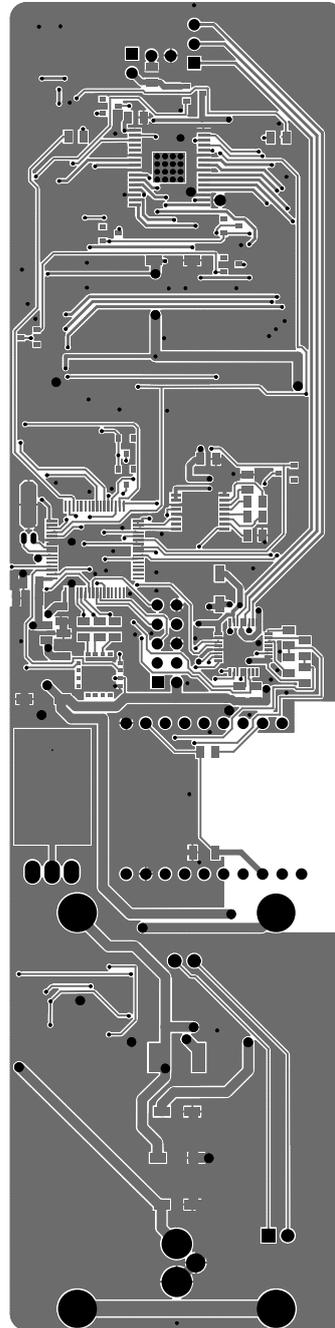


Abbildung A.2: Platinenlayout Unterseite

B Stücklisten

In diesem Anhang sind alle benötigten Komponenten zum Bestücken der Platine aufgeführt.

B.1 Stückliste ICs

Folgende Tabelle zeigt eine vollständige Liste der verwendeten ICs.

Tabelle B.1: Stückliste ICs

Designator	Typ	Footprint	Erläuterung
U502	MAXIM712	SSOP-16	MAX712
U501	TPS6107x	6-SOT	TPS61070
U302	AMB2300-PiggyBack	AMB2300-PiggyBack	Amber Blue Nice Comm 4
U301	TLV320AIC1110	TQFP 32	TLV320AIC1110
U201	MMA7261QT	QFN-16	MMA7261QT
U101	TLC5922	DAP 32 PIN	TLC5922
U003	MAX3221EEAE	SO-16	MAX3221E
U001	MSP430F24x	F-QFP10x10-G64/P.5N	MSP430F247

B.2 Stückliste sonstige Komponenten

Folgende Tabelle zeigt ein vollständige Auflistung aller übrigen Komponenten.

Tabelle B.2: Stückliste sonstige Komponenten

Designator	Typ	Footprint	Erläuterung
X001	Crystal Oscillator	Uhrenquartz	
S409	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key buy

Fortgesetzt auf nächster Seite...

Tabelle B.2 – Fortsetzung

Designator	Typ	Footprint	Erläuterung
S408	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key home
S407	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key help
S406	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key power
S405	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key ok
S404	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key down
S403	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key up
S402	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key right
S401	Switch	Switch-SMS-Gullwing	Key left
RGB105	RGB LED	PLCC4	LED OK
RGB104	RGB LED	PLCC4	LED Down
RGB103	RGB LED	PLCC4	LED Up
RGB102	RGB LED	PLCC4	LED Right
RGB101	RGB LED	PLCC4	LED Left
R508	Resistor	SMD-0805	
R507	Resistor	SMD-0805	
R506	Resistor	SMD-0805	
R505	Resistor	SMD-0805	
R504	Resistor	SMD-0805	
R503	Resistor	SMD-0805	
R502	Resistor	SMD-0805	
R501	Resistor	SMD-0805	
R308	Resistor	SMD-0805	
R307	Resistor	SMD-0805	
R306	Resistor	SMD-0805	
R305	Resistor	SMD-0805	
R304	Resistor	SMD-0805	
R303	Resistor	SMD-0805	
R302	Resistor	SMD-0805	
R301	Resistor	SMD-0805	
R203	Resistor	SMD-0805	
R202	Resistor	SMD-0805	
R201	Resistor	SMD-0805	
R104	Resistor	SMD-0805	
R103	Resistor	SMD-0805	
R102	Resistor	SMD-0805	
R101	Resistor	SMD-0805	

Fortgesetzt auf nächster Seite. . .

Tabelle B.2 – Fortsetzung

Designator	Typ	Footprint	Erläuterung
R003	Resistor	SMD-0805	
R002	Resistor	SMD-0805	
R001	Resistor	SMD-0805	
Q501	PNP General Purpose Amplifier	TO-220	2N6109
Q101	P-Channel MOSFET	SOT-23	FDN304P
Q001	P-Channel MOSFET	SOT-23	FDN304P
L501	Inductor	COIL-6x6	
JP001	Circuit Breaker	HDR1X2	
Designator	Description	Footprint	Comment
D503	Typical BLUE SiC LED	LED-0805	Fast charge
D502	Default Diode	DO-214AC	1N4001
D501	Dual Schottky Diode	SOT-23	
D409	Default Diode	SOT-23	
D408	Default Diode	SOT-23	
D407	Default Diode	SOT-23	
D406	Default Diode	SOT-23	
D405	Default Diode	SOT-23	
D404	Default Diode	SOT-23	
D403	Default Diode	SOT-23	
D402	Default Diode	SOT-23	
D401	Default Diode	SOT-23	
D104	Typical BLUE SiC LED	LED-0805	LED Buy
D103	Typical BLUE SiC LED	LED-0805	LED Home
D102	Typical BLUE SiC LED	LED-0805	LED Help
D101	Typical RGYA GaAs LED	LED-0805	LED Power
D001	Typical INFRARED GaAs LED	LED-1	IR LED
CN501	Header, 2-Pin, Right Angle	POWERCONNECTOR	
CN302	Header, 2-Pin	HDR1X2	Mic
CN301	Header, 3-Pin	HDR1X3	Speaker
CN001	Header, 5-Pin, Dual row	HDR2X5	
C512	Capacitor	SMD-0805	
C511	Polarized Capacitor (Radial)	SMD-CAP-5X5	
C510	Polarized Capacitor (Radial)	SMD-CAP-4X4	
C509	Capacitor	SMD-0805	
C508	Capacitor	SMD-0805	
C507	Polarized Capacitor (Radial)	SMD-CAP-5X5	

Fortgesetzt auf nächster Seite. . .

Tabelle B.2 – Fortsetzung

Designator	Typ	Footprint	Erläuterung
C506	Capacitor	SMD-1206	
C505	Polarized Capacitor (Radial)	SMD-CAP-5X5	
C504	Capacitor	SMD-0805	
C503	Capacitor	SMD-0805	
C502	Capacitor	SMD-1206	
C501	Capacitor	SMD-0805	
C306	Polarized Capacitor (Radial)	SMD-CAP-4X4	
C305	Capacitor	SMD-1206	
C304	Capacitor	SMD-0805	
C303	Capacitor	SMD-0805	
C302	Capacitor	SMD-0805	
C301	Capacitor	SMD-0805	
C204	Capacitor	SMD-0805	
C203	Capacitor	SMD-0805	
C202	Capacitor	SMD-0805	
C201	Capacitor	SMD-0805	
C101	Capacitor	SMD-0805	
C019	Polarized Capacitor (Radial)	SMD-CAP-4X4	
C018	Capacitor	SMD-0805	
C017	Capacitor	SMD-0805	
C016	Capacitor	SMD-0805	
C015	Capacitor	SMD-0805	
C014	Capacitor	SMD-0805	
C007	Capacitor	SMD-1206	
C006	Capacitor	SMD-0805	
C005	Capacitor	SMD-0805	
C004	Capacitor	SMD-1206	
C003	Capacitor	SMD-0805	
C002	Capacitor	SMD-1206	
C001	Capacitor	SMD-0805	
BAT502	Multicell Battery	AA-Holder-Keystone-2460	
BAT501	Multicell Battery	AA-Holder-Keystone-2460	

Glossar

Ambient Intelligence Hier: Möglichkeiten des Systems, durch Sensorik, Informationen über den Benutzer und seine Umwelt zu erhalten

Autorouter Software, die aus schematischen Schaltplänen und einer vorgegebenen Bauteilpositionierung automatisch ein optimiertes PCB Layout erzeugt

Barrierefreiheit Hier: Die Eigenschaft von Medien für alle Personen, unabhängig von einer möglichen Behinderung, nutzbar zu sein

Composite Anschluss Analoges, unmoduliertes TV-Signal. Die meisten DVD- oder Videogeräte bieten dieses Format an

Glue-Code Programmcode, dessen einziger Zweck es ist, dafür zu sorgen, dass zwei Programmteile bzw. Schnittstellen die normalerweise nicht zusammenpassen, miteinander verbunden werden können

HDMI High Definition Multimedia Interface - moderne, digitale Schnittstelle für Audio- und Videoübertragungen in der Unterhaltungselektronik

HID Human Interface Device - Bluetooth Profil für Eingabegeräte wie z.B. Tastatur und Maus

In-Circuit Programming Erlaubt das Programmieren eines Bausteins im in die Schaltung eingebauten Zustand

JTAG Joint Test Action Group - eine Schnittstelle zum Testen und Debuggen von elektronischer Hardware direkt in der Schaltung

LED Light Emitting Diode

Modalitäten Interaktionsmöglichkeiten des Menschen, im wesentlichen Sprache und Gestik/Mimik

MOT-Sensor Multi Object Tracking - Hier: Sensor der WiiMote, mit der die Positionen mehrerer Infrarotquellen lokalisiert werden können

Multimedia PC Ein Personal Computer, spezialisiert auf die Ein- und Ausgabe audiovisueller Daten

PCB Printed Circuit Board - Leiterplatte, Platine

Piggy-Back von *Huckepack*. Die Komponente wird nicht direkt auf die Platine gelötet, sondern auf einen Träger, der über eine Steckverbindung verfügt

Quality of Service dt. *Dienstgüte* – Umgangssprachlich meist die Zusicherung bestimmter Bandbreiten und Latenzzeiten einer Verbindung

RGB-LED LED, die über Farbmischung von Rot, Grün und Blau beliebige Farben darstellen kann

RS-232 Ein Standard für eine serielle Schnittstelle mit umfassender Definition für Timing, Spannungspegel, Protokoll und Stecker

SCART Europäischer Standard für Steckverbindungen von Video-Geräten

Set-Top-Box Hier: Ein wohnzimmergerechter Multimedia PC

SMD Surface Mounted Devices

SPI Serial Peripheral Interface - Ein sehr einfacher synchroner serieller Datenbus

SVG Scalable Vector Graphics - Ein W3C Standard zur Beschreibung zweidimensionaler Vektorgrafiken in der XML-Syntax

UART Universal Asynchronous Receiver Transmitter - Funktionseinheit zum seriellen Senden und Empfangen von Daten

USB Universal Serial Bus - ein serielles, hotplug-fähiges Bussystem zur Verbindung eines Computers mit externen Geräten

virtuelle Tastatur Die Tastatur wird auf einem Anzeigegerät eingeblendet, Buchstaben werden mit einem Zeigegerät oder mit wenigen Tasten ausgewählt

Versicherung über Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §24(4) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 6. August 2008

Ort, Datum

Unterschrift