



U N I V E R S I T Ä T  
K O B L E N Z · L A N D A U  
Fachbereich 4: Informatik

# Informationsvermittlung auf mobilen Geräten für sehbe- hinderte Menschen

---

## Diplomarbeit

Zur Erlangung des Grades einer Diplom-Informatikerin  
im Studiengang Computervisualistik

vorgelegt von

**Antonia Kampa**

Erstgutachter: Prof. Dr. Stefan Müller  
(Institut für Computervisualistik, AG Computergraphik)  
Zweitgutachter: Dipl. Inform. Dominik Grüntjens

Koblenz, im Februar 2011

## Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ja    Nein

Mit der Einstellung dieser Arbeit in die Bibliothek bin ich einverstanden.       

Der Veröffentlichung dieser Arbeit im Internet stimme ich zu.       

---

Ort, Datum

Unterschrift

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
	MOTIVATION .....	5
	ZIELSETZUNG .....	5
	VORGEHENSWEISE .....	6
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN UND EXISTIERENDE ANSÄTZE</b> .....	<b>8</b>
	BARRIEREFREIE SYSTEME FÜR SEHBEHINDERTE MENSCHEN ENTWICKELN .....	8
	ORIENTIERUNG UND MOBILITÄT SEHBEHINDERTER MENSCHEN.....	8
	<i>Literaturrecherche zur Orientierung und Mobilität sehbehinderter Menschen</i> .....	8
	<i>Anforderungen an barrierefreie Benutzeroberflächen</i> .....	12
	<i>Interviews zu Orientierung und Mobilität sehbehinderter Menschen</i> .....	14
	ÄHNLICHE ARBEITEN .....	17
<b>3</b>	<b>VORÜBERLEGUNGEN ZU KONZEPT UND REALISIERUNG</b> .....	<b>20</b>
	KONZEPT DES GESAMTEN SYSTEMS.....	20
	ZUSAMMENSETZUNG DES MOBILEN SYSTEMS.....	20
	<i>Allgemeiner Aufbau der Systems und Auswahl der Komponenten</i> .....	20
	<i>Anbringen der Kamera</i> .....	21
	<i>Bedienung der Maus</i> .....	22
	RECHERCHE FÜR DIE AUSWAHL EINER FÜR SEHBEHINDERTE MENSCHEN GEEIGNETEN, BARRIEREFREIEN AUSGABE .....	23
	<i>Erarbeitete Strategien für die Umsetzung eines prototypischen Systems</i> .....	26
	KONZEPTION EINES PROGRAMMS FÜR DIE BARRIEREFREIE INFORMATIONVERMITTLUNG AUF MOBILEN GERÄTEN.....	26
	<i>Vision</i> .....	26
	<i>Szenario 1 - Erkunden der Umgebung</i> .....	28
	<i>Szenario 2 - Aufnahme von Information markierter Gegenstände</i> .....	29
	PROGRAMMABLAUF.....	29
	<i>Mock-up</i> .....	29
<b>4</b>	<b>PROTOTYPISCHE UMSETZUNG</b> .....	<b>32</b>
	VORÜBERLEGUNGEN .....	32
	ANFORDERUNGSLISTE .....	32
	<i>Anmerkungen und Änderungen der Anforderungen durch den Umstieg vom     Mobiltelefon auf den Laptop</i> .....	37
	AKTIVITÄTSDIAGRAMM AUS BENUTZERSICHT .....	38
	STATE CHART AUS SICHT DER ANWENDUNG.....	40
	ENTWICKLUNGSUMGEBUNG .....	41
	<i>Software-Bibliothek: ARToolKit</i> .....	41
	<i>Sound-Bibliothek: Irrklang</i> .....	42
	ALGORITHMEN UND FUNKTIONSUMFANG.....	43
	<i>Berechnungen der Entfernung und Richtung der Kamera zum erkannten Marker</i> .....	43
	<i>Grenzen des Systems</i> .....	45
	<i>Bildkoordinaten statt Weltkoordinaten</i> .....	45
	PRÄ-EVALUATION DES ENTWICKELTEN SYSTEMS.....	46
<b>5</b>	<b>FORSCHUNGSDESIGN ZUR EVALUATION DES ERSTELLTEN SYSTEMS</b> <b>50</b>	
	EINFÜHRUNG.....	50
	VORGEHEN DES FORSCHUNGSDESIGNS .....	50
	GRUNDLAGEN ZUM FORSCHUNGSDESIGN – ABLAUF EINER STATISTISCHEN UNTERSUCHUNG .....	50
	HYPOTHESEN DES FORSCHUNGSDESIGNS.....	53
	AUSWAHL GEEIGNETER TESTUMGEBUNGEN FÜR DIE DURCHFÜHRUNG DES ERSTELLTEN FORSCHUNGSDESIGNS .....	54

HANDHABUNG DES MOBILEN SYSTEMS.....	54
AUSWAHL GEEIGNETER PROBANDEN .....	55
MÖGLICHE DURCHFÜHRUNG UND ANSÄTZE ZUR AUSWERTUNG VON TESTLÄUFEN DES FORSCHUNGSDESIGNS .....	56
PRAKTISCHE EVALUATION DES FORSCHUNGSDESIGNS .....	59
<i>Ablauf des Evaluationstestlaufs</i> .....	59
<i>Diskussion des Evaluationstestlaufs</i> .....	60
<i>Schlussfolgerungen für das Forschungsdesign aufgrund des Evaluationstestlaufs</i> .....	62
<b>6 FAZIT UND AUSBLICK.....</b>	<b>63</b>
DERZEITIGE EINSATZMÖGLICHKEITEN DES SYSTEMS.....	63
<i>Praktische Beispiele</i> .....	63
AUSBLICK .....	65
<i>Mögliche Umsetzung auf Smartphones</i> .....	65
<b>7 VERZEICHNISSE.....</b>	<b>67</b>
LITERATURVERZEICHNIS.....	67
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	70
FORMELVERZEICHNIS .....	70
<b>8 ANHANG .....</b>	<b>71</b>
PROTOKOLLE DER INTERVIEWS .....	71
<i>Ablauf eines Interviews</i> .....	71
<i>Interview 1: Protokoll E.K., männlich, 51 Jahre alt, 20.5.2010</i> .....	71
<i>Interview 2: Protokoll T. N., männlich, ca. 40 Jahre alt, 26.7.2010</i> .....	73
<i>Interview: Protokoll Herr F., 1.8.2010</i> .....	74
<i>Interview 4: Protokoll M.F., weiblich, 29.7.2010</i> .....	76
<i>Interview 5: Protokoll K.K., männlich, 26.7.2010</i> .....	77
PROTOKOLLE AUS DER PRÄ-EVALUATION .....	78
<i>Protokoll 1: Andreas Kampa</i> .....	78
<i>Protokoll 2: Angela Kampa</i> .....	79
CD.....	81

# 1 Einleitung

## Motivation

Weltweit gibt es zahlreiche Systeme, die sehbehinderte Personen im Alltag unterstützen sollen. Sehbehinderte Menschen erfassen zur eigenen Orientierung und Mobilität beitragende Information mit Hilfsmitteln. Die Information ist allerdings nie so vollständig, um sich mit der gleichen Selbstsicherheit und Schnelligkeit eines normal sehenden Menschen fortzubewegen. Neue Räumen und Gegenstände können sehbehinderte Menschen meist ausschließlich anhand ihrer Geräusche oder durch Abtasten aus nächster Nähe wahrnehmen. Weiter entfernte oder neu in die gewohnte Umgebung eingebrachte Gegenstände können nur schwer oder gar nicht erfasst werden.

In der heutigen Zeit sind mobile Geräte wie zum Beispiel Smartphones technisch so weit entwickelt, dass ihre Prozessoren genügend Leistung und ihre Speicher genügend oder leicht erweiterbaren Speicherplatz für komplexe Anwendungen bieten. Zudem sind solche mobilen Geräte wegen Ihrer kurzen modischen Halbwertzeit erschwinglich: Nahezu jedermann besitzt ein mobiles Gerät, auf dem zusätzliche Programme installiert werden können. Die meisten Smartphones besitzen mindestens eine Kamera und weitere nützliche Geräte, die Information zur Orientierung bereitstellen können, wie einen GPS-Empfänger oder einen Kompass. Aus diesem Grund bieten sich Smartphones als vielseitig programmierbare Hilfsmittel für sehbehinderte Menschen an. Auch mobile Geräte mit wenigen Funktionen, wie Fußgängernavigationsgeräte, bieten sich als erweiterbare Hilfsmittel für sehbehinderte Menschen an.

## Zielsetzung

Ziel dieser Diplomarbeit ist die Entwicklung einer Software, die Standorte von Gegenständen barrierefrei für sehbehinderte Menschen auf einem mobilen

Gerät ausgibt. Hierzu soll ein Konzept der Orientierung von bekannten und mit Markern versehenen Objekten im Raum entwickelt werden. Eine barrierefreie Ausgabe für sehbehinderte Menschen muss ebenfalls ausgewählt werden. Das Programm soll markierte, weiter entfernte Objekte erfassen und beschreiben. Dadurch würde der wahrnehmbare Bereich von sehbehinderten Personen erweitert. Dieser wahrnehmbare Bereich beschränkt sich meist auf den Boden, sehbehinderte Menschen können ihn gefahrlos mit den Füßen abtasten, und die durch die Armlänge begrenzte Reichweite in Brustnähe. Das zu entwickelnde System kann eine Lebenshilfe für Menschen sein, die ohne oder nur mit wenigen visuellen Informationen auskommen müssen. Die prototypische Umsetzung erfolgt auf einem Laptop mit externer Kamera und Maus. Die Evaluation des Systems bezieht sich auf die für sehbehinderte Menschen barrierefreie Ausgabe von Informationen. Zu diesem Zweck wird eine für sehbehinderte Menschen sichere Testumgebung geschaffen, in der die ausgewählte Ausgabeform evaluiert wird.

## **Vorgehensweise**

Im ersten Teil dieser Arbeit habe ich eine Literaturrecherche durchgeführt. Durch Interviews mit fünf sehbehinderten Personen erhielt ich einen Einblick in die Anforderungen an und Defizite von Programmen, mit denen sehbehinderte Menschen umgehen wollen oder müssen. Daraus formte sich die Idee ein System zu erstellen, das weiter entfernte Gegenstände ortet. Ich habe mich in das Thema eingearbeitet und herausgefunden welche barrierefreien Ausgabemöglichkeiten bereits existieren und wie gut sie funktionieren. Im Anschluss habe ich ähnliche Arbeiten auf Hinweise und Anregungen untersucht, wie ein solches System anzufertigen wäre. Mit einer mittlerweile ausgereiften Idee habe ich ein Konzept ein sehbehinderte Menschen unterstützendes System erstellt und es prototypisch umgesetzt. Das fertige System konnte ich an zwei Personen testen. Für weitere Tests zur vollständigen Evaluation des von mir entwickelten Systems habe ich ein Forschungsdesign angefertigt, das ich mit Hilfe einer sehbehinderten Person kurz evaluiert habe.

Im Ausblick dieser Arbeit habe ich weiterführende Ideen für Hilfsmittel für sehbehinderte Personen aufgeführt. Im Anhang dieser Arbeit befinden sich die Protokolle zu allen geführten Interviews und den beiden Testläufen mit dem fertigen System. Das Protokoll für den Testlauf des Forschungsdesigns befindet sich im Kapitel 5 „Forschungsdesign zur Evaluation des erstellten Systems“.

## **2 Grundlagen und Existierende Ansätze**

### **Barrierefreie Systeme für sehbehinderte Menschen entwickeln**

Die Anforderungen von sehbehinderten Personen an Programme unterscheiden sich sehr von denen normal sehender Menschen. Sehbehinderte Benutzer von Programmen benötigen eine deutlich hörbare Bestätigung aller getätigten Eingaben und ein sprechendes Menü nach Fritz Weisshart (Fritz Weisshart, Barrierefreiheit ist kein Spiel, 2010). Die Audioausgaben sollten gut hörbar verständlich sein. Hierzu gibt es zahlreiche Angebote der Industrie: zum Beispiel den Pagereader von IBM (IBM, 2011) und die Sprachausgabe von Texten mit künstlicher Stimme der Firmen Cepstral (Cepstral) und Logox (GData).

### **Orientierung und Mobilität sehbehinderter Menschen**

Wie erhält ein sehbehinderter Mensch Informationen zu seiner Lage und der Lage vorhandener Gegenstände und Personen in seiner näheren Umgebung? Zur Beantwortung dieser Frage wurden neben einer umfangreichen Literaturrecherche fünf Interviews durchgeführt.

### **Literaturrecherche zur Orientierung und Mobilität sehbehinderter Menschen**

Mit Hilfe des Mobilitätstrainings können sich sehbehinderte Menschen im Umgang mit verschiedenen Hilfsmitteln schulen lassen: Beliebte Hilfsmittel sind der Blindenstock und der Blindenhund. Es gibt verschiedene Arten von Blindenstöcken zum Beispiel von der Firma VISTAC (VISTAC GmbH für optische Messsysteme und taktile Information, 2009), die zum Teil mit Lasern am unteren Ende ausgestattet sind und bei Hindernissen am Griff einen Vib-

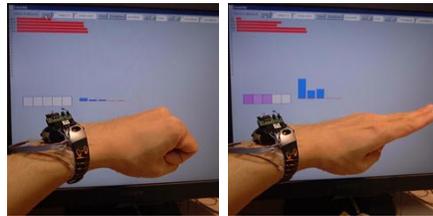
rationalalarm auslösen. Sehbehinderte Menschen können eine Umgebung über fühlbare, dreidimensionale Karten erkunden. Diese zum Teil sehr großen Karten sind nach Meinung von Bettina Pressl (Pressl, 2003) oft unhandlich, sehr schwer und für den mobilen Einsatz nicht geeignet. Ein Blindenhund trägt beträchtlich zur Orientierung und Mobilität von sehbehinderten Menschen bei. Seine Ausbildung dauert 10 Jahre und er kostet ab 25.000 €, wie auf den Internetseiten des Vereins „Engel auf Pfoten“ (Verein "Engel auf Pfoten", 2010) zu lesen ist. Eine Begleitperson stellt die sicherste Variante der Orientierungshilfe für sehbehinderte Personen dar. Die Begleitperson kann jederzeit nach Details der Umgebung gefragt werden. Sie warnt eigenständig vor Hindernissen, liest Texte vor, interpretiert Situationen und sorgt im Ernstfall schnellst möglich für die Sicherheit des sehbehinderten Begleiters.

Die Anforderungen von sehbehinderten Menschen an Systeme zur Verbesserung der Orientierung sind sehr hoch, wie Bettina Pressl in ihrer Arbeit festhält (Pressl, 2003): Daten und Information eines Raums, in dem sich ein sehbehinderter Mensch orientieren soll, müssen besonders genau und fehlerfrei sein. Damit die wichtigste Anforderung, die Sicherheit des sehbehinderten Menschen, gewährleistet werden kann. Hilfsmittel wie dreidimensionale, fühlbare Karten haben aus diesem Grund meist einen sehr großen Maßstab, zum Beispiel von 1:1200, um möglichst viele Details zu beinhalten. Wenn ein sehbehinderter Mensch einen Weg durch den Straßenverkehr zurück legen muss, werden Ampeln mit Akustischen Signalen bevorzugt. Hier werden große Umwege in Kauf genommen, um die Sicherheit der sehbehinderten Person nicht zu gefährden. Baustellen werden auf solchen Wegen meist komplett umgangen, da nicht gewährleistet ist, dass die Absperrungen jederzeit behindertengerecht angebracht sind. Bei der Fortbewegung sollten sehbehinderte Menschen vor Hindernissen wie Treppen, Straßenschildern, Blumenboxen, Absperrungen und Radfahrern gewarnt werden. Auf interessante Standorte wie Geschäfte, Apotheken, Schulen und Banken sollten sie hingewiesen werden. Ein Hilfsmittel für sehbehinderte Personen sollte bei einer Routenberechnung möglichst viele Daten über die zu bestreitende Strecke

zur Verfügung stellen. Hier spielen Wegstrecken, Anzahl der Straßenüberquerungen und Richtungsänderungen sowie Angaben der aktuellen Bewegungsrichtung eine wichtige Rolle für die Orientierung des sehbehinderten Menschen. Sicherheit geht in jedem Fall vor Schnelligkeit. Eingaben durch den Benutzer sollten leicht durchzuführen sein. Handliche und leicht zu bedienende Eingabegeräte sind gefragt. Als Eingabemöglichkeiten für sehbehinderte Menschen führt Bettina Pressl (Pressl, 2003) eine um die Braillezeile erweiterte Computertastatur, Spracheingabe und Handbewegungs-Sensoren, wie das "Gesture Wrist" von Jun Rekimoto (Rekimoto, 2001) auf:



**Abbildung 1** Braillezeile

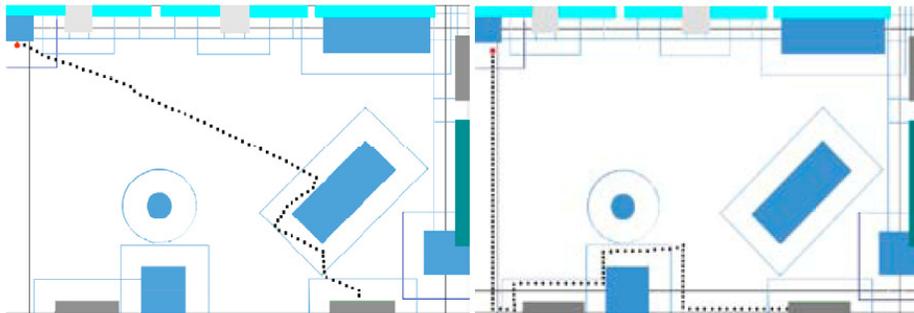


**Abbildung 2** Gesture Wrist

Die Informationsausgabe in der Arbeit von Bettina Pressl (Pressl, 2003) erfolgt als Sprachausgabe über Kopfhörer oder Lautsprecher. Durch Verwendung von Lautsprechern werden keine Umgebungsgeräusche ausgeblendet. Eine laute Ausgabe zieht allerdings die Aufmerksamkeit anderer Passanten auf sich. Kopfhörer haben den Vorteil die Privatsphäre des Benutzers zu wahren, während der Benutzer vielleicht wichtige Hintergrundgeräusche als zu leise wahrnimmt. Jede Audioausgabe des zu entwickelnden Systems soll bei Bedarf abgebrochen und wiederholt werden können. Die Ausgabe von kurzen Geräuschen wird der Ausgabe von gelesenen Text wegen des erhöhten Zeitaufwands vorgezogen.

Lahav und Mioduser (Mioduser, 2002) stellten fest, dass sich die Lebensqualität von sehbehinderten Menschen erheblich steigert, sobald sie sich unabhängig von Hilfsmitteln selbstständig in Räumen bewegen können. 30 Prozent aller sehbehinderten Personen gehen nicht ohne Hilfsmittel oder Begleitperson vor die Tür. Blinde müssen sich in bekannten und unbekanntem Umge-

bungen orientieren. Das Ziel dieser Orientierung ist es, einen Raum zu kartieren, um dann Wege durch diesen Raum zu generieren. Zum Erkunden einer unbekanntem Umgebung existieren nach Mioduser (Mioduser, 2002) zwei Methoden: Die routenbasierte und die kartenbasierte Strategie. In der Abbildung 3 sind mittels gepunkteter Linien die Wege von zwei sehbehinderten Menschen durch eine unbekanntem Umgebung zu erkennen. Auf dem linken Bild wurde die kartenbasierte und auf dem rechten Bild die routenbasierte Erkundungsstrategie verwendet.



**Abbildung 3 kartenbasierte (links) und routenbasierte (rechts) Erkundungsstrategie**

Bei der routenbasierten Strategie bewegt sich der Blinde linear und sequentiell von Gegenstand zu Gegenstand in der unbekanntem Umgebung vorwärts. Zum Beispiel von einem Zaun geradeaus zu eine Laterne, von der aus wieder geradeaus zu einem Stromkasten. Die ganzheitliche, kartenbasierte Strategie ermöglicht ein schnelleres vorankommen aufgrund einer erinnerten Kartierung zum Beispiel durch dreidimensionale Abbildungen. Die Mehrheit der sehbehinderten Menschen nutzt die routenbasierte Strategie, um sich fortzubewegen. Entwickelte Technologie versucht meist sehbehinderten Menschen fehlende, visuelle Information zu ersetzen. In der Arbeit von Mioduser (Mioduser, 2002) wird eine multisensorische, virtuelle Lernumgebung beschrieben. Information wird in Form von Druck, dem sogenannten Force Feedback, an den Benutzer weitergegeben oder per Audioausgabe kommuniziert. Der Einsatz von Force Feedback erzielte bei Experimenten zur Erkundung unbekanntem Umgebungen gute Ergebnisse.

In der Arbeit „Comparing methods for introducing blind and visually impaired people to unfamiliar urban environments“ (M. Angeles Espinosa) wird in einer Studie eine Kombination aus taktilen Karten und menschlicher Anleitung an sehbehinderten Menschen getestet.

## **Anforderungen an barrierefreie Benutzeroberflächen**

Im Buch „Fundamentals of Game Design“ gibt der Autor Ernest Adams (Adams, 2010) eine Anleitung wie die Bedienung von Spielen für Menschen mit verschiedenen Einschränkungen beschaffen sein muss, damit der Benutzer barrierefrei spielen kann. Ernest Adams (Adams, 2010) Erkenntnisse werden in dieser Arbeit auf alle Programme mit einer Benutzeroberfläche übertragen, da Computerspiele Programme sind und genau so bedient werden müssen. Nach Ernest Adams (Adams, 2010) gibt es drei Arten von Einschränkungen der Benutzer eines Programms: visuelle, auditive und mobile.

Um visuellen Einschränkungen bei der Zielgruppe angemessen entgegen zu treten, schlägt Ernest Adams (Adams, 2010) vor, allen visuellen Hindernissen hörbare Hinweise zuzuordnen. Außerdem sollen alle Eingaben des Benutzers hörbar bestätigt werden. Hierzu gehört das Auswählen eines Menüpunktes durch das Drücken einer Taste.

Da die Kontrasteinstellungen der Monitore bei sehbehinderten Menschen mit Sehrest schon ausgereizt sind, soll das Spiel selbst noch Möglichkeiten der Kontrasterhöhung bieten. Alle Optionen sollen von jedem Punkt des Programms aus verfügbar gemacht werden. Verwendete Texturen sollen anpassbar sein. Die gesamte Benutzeroberfläche soll in Kontrast und Größe der Schrift regulierbar sein. Alle Texte sollen in Schriftart und -größe vom Benutzer zu justieren sein. Das Programm soll in verschiedenen, auswechselbaren Auflösungen angeboten werden und eine Lupenfunktion beinhalten. Für Farbenblinde sollten Farbtöne wie Grün und Gelb, die als gleich wahrgenommen werden, nicht als Signalfarben verwendet werden, um verschiedene Objekte

voneinander zu unterscheiden. Zum Beispiel sollten Ampeln nie durch nur ein Licht, das seine Farbe wechselt, umgesetzt werden. Hier sollte wie im Straßenverkehr die Lage der Lichter auf ihre Farbe schließen lassen. Wenn es unvermeidbar ist, Farbe als Unterscheidungsmerkmal zu nutzen, dann sollten Grün und Gelb vermieden werden. Am besten eignen sich die Kombinationen schwarz-weiß und rot-grün.

Für schlecht hörende Benutzer empfiehlt Ernest Adams (Adams, 2010), zu Audioeffekten zusätzlich visuelle Hinweise hinzuzufügen. Es sollten separate Einstellungsmöglichkeiten für Musik, Dialoge und Effektgeräusche implementiert werden. Viele Ausgabegeräte besitzen eine abschaltbare Vibrationsfunktion. Es sollten optionale Untertitel für Dialoge und Soundeffekte angeboten werden.

Bei mobilen Einschränkungen sollte es dem Benutzer ermöglicht werden, die Geschwindigkeit des Programms einzustellen, um den Zeitdruck, in der eine Tätigkeit verrichtet werden soll, zu verringern. Hier gilt das Motto: Es gibt kein zu langsam. Die Bedienung des Programms sollte auf so wenig wie mögliche Tasten reduziert werden und möglichst einfach gestaltet sein, dass zum Beispiel nur eine Taste oder nur die Maus zur Steuerung des Programms benutzt werden können. Elemente im Programm, die nicht vom Benutzer bewegt werden (zum Beispiel untätige Charaktere), sollen ihn nicht sanktionieren, unter Druck setzen oder bewerten. Ältere Benutzer haben meist mit mehreren Beeinflussungen gleichzeitig zu kämpfen.

Neben den visuellen und auditiven Ausgabemöglichkeiten gibt es noch haptische, fühlbare Ausgaben, wie Vibrationen an Mobiltelefonen oder Controllern. In der Arbeit „A Support System for the Visually Disabled to Recognize 3D Objects“ (Yoshihiro Kawai F. T., 1996) wird ein System mit taktilem Display vorgestellt. Es lässt auf einer Platte mit beweglichen Stiften ein dreidimensionales, fühlbares Abbild aus Aufnahmen eines Stereokamerasystems entstehen. Haptische Ausgaben werden durch auditive Ausgaben ergänzt. Abbil-

dung 4 zeigt das System in einer konzeptuellen Skizze. Das System wurde bisher nur in Form eines Prototyps im Labor gebaut.

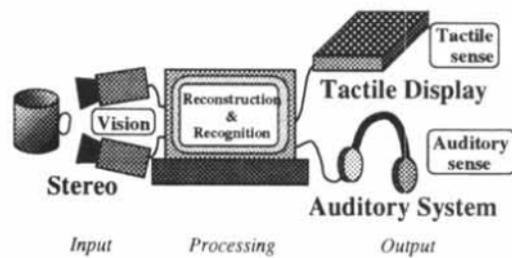


Abbildung 4 Taktilen System von Kawai un Tomita

In einer weiteren Arbeit (Yoshihiro KAWAI, 1998) evaluieren Kawai und Tomita ihr taktilen System in mehreren Experimenten. Das Erfühlen der Dargestellten Information führt oft noch nicht zum Verständnis der Information, die das Stereokamerasystem aufgenommen hat und die dem Benutzer vermittelt werden sollen. Aus diesem Grund sollen auditive Zusatzinformationen parallel zum Befühlen des taktilen Displays ausgegeben werden. Außerdem sollen die ausgegebene Information auf das Wesentliche reduziert werden, zum Beispiel indem Formen vereinfacht dargestellt werden.

## Interviews zu Orientierung und Mobilität sehbehinderter Menschen

Für die Recherche wurden fünf Interviews mit fünf sehbehinderten Menschen, vier Herren und einer Frau, über die Themenkomplexe Orientierung im Raum, Internetnutzung und Audioausgaben durchgeführt. Drei der fünf Befragten verfügten zum Zeitpunkt der Befragung über einen Sehrest.

Während eines Interviews fiel ein Gegenstand (ein Stift) des Teilnehmers auf den Boden. Die einzige Möglichkeit den Gegenstand wieder zu finden, war es die gesamte Umgebung abzutasten, den Boden eingeschlossen. Das ist zu hause noch durchführbar, allerdings auf der Straße ein Problem, wenn es zum Beispiel regnet oder der Straßenbelag uneben ist. Ohne fremde Hilfe ist dies ein schwieriges Unterfangen und kann unter Umständen lebensgefährlich

sein. Daraus ergeben sich mehrere, unbeeinflussbare Abhängigkeiten des sehbehinderten Menschen von seiner direkten Umgebung. Zur Orientierung in der näheren Umgebung außer Haus nutzen sehbehinderte Menschen stabil positionierte Landmarken wie Laternen und Stromkästen, die entlang des Wegs wiedergefunden werden müssen. Wann immer eine solche Landmarke nicht wiedergefunden werden kann, ist der sehbehinderte Mensch seiner Umgebung ausgeliefert und orientierungslos. Er müsste sich dann mittels der Füße vorantasten und hoffen, dass er nicht in den Verkehr gerät. Hinweise per Audioausgabe auf der Straße könnte von Lärm aus der Umgebung überhört werden.

Die Einstellung der sehbehinderter Menschen zu ihrer Blindheit und ihr Selbstvertrauen bei der Fortbewegung sind entscheidend für den Umgang mit und dem Annehmen von Anweisungen von Programmen, die ihn in eine bestimmte Richtung lotsen sollen.

sehbehinderte Menschen sind bei der Erkundung neuer Wege und Umgebungen meist auf eine menschliche Begleitung angewiesen. Das bietet ihnen mehr Schutz und kann bei einer geschulten Begleitung sehr viele und nützliche Informationen einbringen. Dieses Vorgehen muss allerdings mehrmals wiederholt werden, bis sich der Angeleitete den Weg oder die Umgebung gemerkt hat, was sehr aufwändig ist. Umgebungen, in denen kaum Freiraum besteht, wie zum Beispiel in Geschäften oder engen Gängen, wo keine zwei Personen nebeneinander Platz haben, fallen für diese Art der Erkundung aus.

Nach einem Bericht des Hilfsmittelherstellers Reinecker (Reinecker Reha-Technik GmbH, 2010) werden ca. 80% aller aufgenommenen Informationen visuell wahrgenommen. Aus diesem Grund denke ich, dass den sehbehinderten Menschen fehlende Informationen nicht durch Geräusche oder durch ertastet ersetzt werden kann. Eine Übersetzung ausgewählter, visueller Informationen in eine für sehbehinderte Menschen zugängliche Ausgabe halte ich deswegen für einen viel versprechenden Ansatz.

Vier der Befragten nutzen zur Orientierung und Fortbewegung einen Stock als Hilfsmittel, zwei Befragte besitzen einen Hund. Alle Befragten absolvierten ein Mobilitätstraining, in dem unter anderem der Umgang mit Orientierungshilfen beim Laufen vermittelt wird. Zwei der Befragten benutzen computergestützte Navigationssysteme. Beim Auftreten unerwarteter Hindernisse, zum Beispiel neue Baustellen auf dem Weg, Absperrungen, Türen, Glasscheiben, Straßenschilder, Passanten und „stumme“ Ampeln, sind alle Befragten auf die Hilfe von Begleitpersonen angewiesen, um nicht mit einem Hindernis zu kollidieren oder in den Verkehr zu geraten. Diese Hilfe basiert auf der ausführlichen Beschreibung der Situation oder des Hindernisses und das sichere Führen um das Hindernis herum.

Beim Erkunden neuer Wege nutzen alle Befragten eine Begleitperson, die die Umgebung möglichst detailgetreu beschreiben sollte. Bei der Erkundung achten die Befragten vermehrt auf Geräusche der Umgebung, was nach eigenen Angaben im Freien mehr Beachtung findet und als wichtiger eingestuft wird als in geschlossenen Räumen. Egal, ob in einer vertrauten oder in einer unerforschten Umgebung, vier der fünf Befragten laufen sehr vorsichtig, um Kollisionen zu vermeiden. Alle Befragten merken sich ihre erkundeten Umgebungen ohne zusätzliche Hilfsmittel oder erlernte Strategien. Alle Befragten merken sich Landmarken, an auffälligen Standorten und danach Weg zur nächsten Landmarke.

Wenn Gegenstände gesucht werden sollen, berufen sich alle Befragten auf ihr Gedächtnis und ihre disziplinierte Ordnung oder müssen die Umgebung abtasten, bis sie den verlorenen Gegenstand finden. Als Experiment wurde ein Gegenstand in der Umgebung des Befragten platziert, den er oder sie finden sollte. Alle Befragten haben die Gegenstände gefunden. Als essentielle Angaben zum Lokalisieren der Gegenstände wurden die Richtung (Angabe in Uhrzeiten) und die Entfernung zum Gegenstand benannt. Die Höhe des Gegenstandes fanden zwei der Befragten wichtig zu wissen. Ein Befragter wünschte sich eine Statusmeldung, wo er gerade sei und wo der Gegenstand und vielleicht weitere bereits bekannte Gegenstände zu finden sind.

Vier der fünf Befragten benutzen regelmäßig ihren Computer und das Internet, indem sie sich von Zusatzprogrammen Menüs, Icons, Listen von Links der Navigation und den Text vorlesen lassen. Ein Befragter arbeitet mit der Braillezeile als haptische Ausgabe, die anderen Befragten können die Brailleschrift nicht ertasten. Alle Befragten sind mit synthetischen Stimmen vertraut und hören sie am Computer oder in anderen mobilen Geräten. Als hörbare Ausgabe bevorzugen alle Befragten verschiedene Töne an Stelle von gesprochenen Inhalten. Sie ziehen die gewohnte, synthetische Stimme einer menschlichen Stimme vor. In einer Stichprobe konnten alle Befragten den von ihnen auf dem mobilen Gerät aufgenommenen Text, unabhängig von den Umgebungsgeräuschen einer befahrenen Straße und einer gut bevölkerten Cafeteria, einwandfrei verstehen.

Aus diesen Interviews wurden die folgenden Erkenntnisse in das Konzept dieser Arbeit aufgenommen: Alle Richtungsangaben werden in Uhrzeiten ausgegeben. Ein Status der näheren Umgebung soll zu jeder Zeit abgefragt werden können. Dieser Status muss definiert werden und wurde von jedem Teilnehmer in den Interviews individuell definiert. Er wird sich aber immer kurz und bündig vorgestellt und soll alle wichtige Information der Umgebung auflisten. Diese Prioritäten von allen Befragten wurden den entsprechenden Situationen angepasst: Straßenverkehr, Hausflur usw. Allerdings schaut sich kein „normal Sehender“ unnötig lange einen Raum an, bis alle subjektiv bewertet, wichtigen Details erfasst wurden, um sich erst im Anschluss zu bewegen. Daher denke ich, dass Erinnerungen an den Raum und einige bekannte, markante Anhaltspunkte einer Umgebung zur Orientierung ausreichen sollten. Aus diesem Grund verzichte ich bei der Umsetzung des Systems auf den nicht eindeutig definierbaren Status.

## **Ähnliche Arbeiten**

Laut der Arbeit von Dean, Inman, Loge und Cram (Dean P. Inman, 2000) ist die Orientierung im Raum und die Fähigkeit sich in Beziehung zu anderen Objek-

ten im Raum setzen zu können eine Voraussetzung, um sich in einem Raum fortzubewegen. Dies gilt für sehbehinderte Menschen, die ein aufwendiges Mobilitätstraining absolvieren, um zu lernen sich in einem Raum selbstständig und sicher zu bewegen. Dieses Mobilitätstraining kann sehr langwierig sein, besonders die Ausbildung eines zuverlässigen Gehörs bei sehbeeinträchtigten Kindern kann sehr viel Zeit und Übung in Anspruch nehmen. Ziel der Arbeit Dean, Inman, Loge und Cram (Dean P. Inman, 2000) ist es das traditionelle Mobilitätstraining, um Übungen am Computer zu ergänzen, ohne den Einsatz speziellen Zubehörs oder die ständige Anwesenheit eines Trainers. In diesen Übungen werden aufgenommene, echte Geräusche um simulierte 3D Töne ergänzt. Für die sehbehinderte Person entsteht eine auditive Augmented Reality. Dean, Inman, Loge und Cram (Dean P. Inman, 2000) arbeiteten mehrere Trainingsmethoden aus, deren Output ausschließlich auf Audioausgaben beschränkt ist: Erkennung der Richtung aus der ein Geräusch erklingt; Simulation des Überquerens einer Kreuzung; Herausfiltern von Tönen aus Geräuschkulissen; Töne als Referenz auf Größe eines Raumes oder Standort von Markierungen auf dem Boden.

In der Arbeit von Yoshihiro Kawai, Makoto Kobayashi, Hiroki Minagawa, Masahiro Miyakawa, und Fumiaki Tomita (Yoshihiro Kawai, 2000) wird ein Stereokamerasystem beschrieben, das dreidimensionale Bildinformation in künstlich erzeugte Geräusche umsetzt. Die Audioausgabe funktioniert per Knochenleitungshörer, was störende Umgebungsgeräusche in den Hintergrund treten lässt. Die Kameras werden auf einem präparierten Helm getragen. Das Bild wird auf einem externen Rechner analysiert der alle an den sehbehinderten Menschen gesendeten Audioausgaben erzeugt. Im Rahmen der Arbeit wurden acht Tests an Probanden durchgeführt, um die Effektivität und die realistische Darstellung der von dreidimensionalen Tönen zu testen. Die Probanden konnten schwer oder gar nicht unterscheiden ob ein künstlich erzeugtes Geräusch von vorn oder von hinten kam.

Taktile Ausgabegeräte werden vor allen Dingen für Spiele und die visuell gestützte Manipulation von dreidimensionalen virtuellen Welten entwickelt und

eignen sich nicht für den Einsatz als reines Ausgabegerät (Seung-Chan Kim, 2008) (Takayuki Iwamoto, 2008).

## **3 Vorüberlegungen zu Konzept und Realisierung**

### **Konzept des gesamten Systems**

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein prototypisches, für sehbehinderte Menschen zu bedienendes System erstellt werden. Das barrierefreie System soll mobil sein und den Benutzer mit möglichst detaillierten Angaben über mit Marker versehene Gegenstände versorgen. Ziel ist es den Benutzer effektiv zu diesem Gegenstand zu führen oder ihm eine genaue Beschreibung seiner Orientierung zum Gegenstand zu geben. Um dieses Ziel zu erreichen müssen eine effektive Art der Ausgabe von Information und geeignete Geräte zu Eingabe Ausführung der zu programmierenden Applikation gefunden werden.

### **Zusammensetzung des mobilen Systems**

#### **Allgemeiner Aufbau der Systems und Auswahl der Komponenten**

Das System sollte ursprünglich auf dem Nokia n95 prototypisch umgesetzt werden. Ein Symbian Mobiltelefon bietet sich wegen seiner weiten Verbreitung, nicht nur in Form von Mobiltelefonen aus dem Hause Nokia zur Umsetzung eines solchen Systems an. Außerdem gibt es für neuere Geräte und Betriebssysteme guten Support für deren Programmierung. Es existiert eine mobile Version des ARToolKit, das sich um die Marker-Erkennung kümmert.

Aus mehreren Gründen konnte die Umsetzung auf dem ausgewählten Handy nicht durchgeführt werden: Das Gerät ist recht alt (Baujahr 2006). Desweiteren stehen kaum Dokumentationen und kein Support für die Programmierung auf diesem Handy für das Symbian S60 zur Verfügung. Außerdem konnten die Tasten des Geräts von vielen Befragten in den Interviews nicht unterschieden werden. Darüberhinaus verlängert die Speicherkarte bei zu hoher

Belegung durch Audio- und Bilddateien die Zugriffszeiten auf die Dateien erheblich und die bereits geschriebenen Testprogramme verlangsamten ihre Tätigkeit ebenfalls und stürzten häufig ab.

Der Prototyp besteht aus einem Laptop, der mit einer Fire-Wire Kamera ausgestattet ist, die am Probanden befestigt ist. Der Laptop und die Kamera sind so am Probanden angebracht, dass er eine Hand frei hat. Ein Headset gibt Audio aus und nimmt Audio auf. Die Steuerung des Programms erfolgt über die zwei Tasten der Maus, die der Proband in seiner Hand hält. Damit der Laptop ständig mitgeführt werden kann, wird er in einem Rucksack getragen.

## **Anbringen der Kamera**

Die Kamera wird unbeweglich auf eine fest sitzende Mütze angebracht. Das Kabel von der Kamera sollte mit den Kabeln der Maus und des Headsets zusammengefasst werden und ohne den Benutzer zu stören zum Laptop geführt werden. Die Kabel sind fest anzubringen, damit sich der Benutzer nicht in ihnen verheddert. Die Kamera besitzt einen Öffnungswinkel von 80 Grad, somit muss der Benutzer, um den gesamten menschlichen Sichtbereich zu erfassen, mehrere Bilder aufnehmen und den Kopf oft bewegen. Die Kabel sollen die Beweglichkeit des Benutzers nicht einschränken.

In dieser Arbeit habe ich die Kamera ... benutzt und mittels zwei bereitstehender Programme im ARToolKit kalibriert, um die Verzerrung der Linse auszugleichen.



Abbildung 5 auf Kappe befestigte Kamera

## Bedienung der Maus

Die gesamte Bedienung des Systems soll auf die rechte und linke Maustaste beschränkt werden. Die Maus soll vom Benutzer in einer Hand gehalten werden, um ihm eine Hand zum Abtasten der Umgebung oder dem Greifen nach einem Gegenstand freizuhalten. Das Kabel der Maus sollte so angebracht werden, dass der Benutzer, falls ihm die Maus aus der Hand fällt, diese leicht wiederzufinden ist.

## **Recherche für die Auswahl einer für sehbehinderte Menschen geeigneten, barrierefreien Ausgabe**

In der Arbeit „When You Can’t Read It, Listen to It!“ (Carriço, 2009) werden Interaktionen eines sehbehinderten Lesers mit einem Ebook-Reader diskutiert: Synthetische Stimmen lesen den Text im Ebook vor. Aber wie können andere Medien zum Beispiel Bilder parallel zum vorgelesenen Text ausgegeben werden? Der Benutzer bedient den Ebook-Reader indem er im Menü Einträge und Items auswählt, Optionen ändern und diese über Audio ausgegeben werden. Bei der Audioausgabe werden zwei verschiedene Möglichkeiten voneinander unterschieden: Es gibt Auditory Icons und Earcons. Auditory Icons bestehen nach der Definition von Gaver (Gaver, 1997) aus kurzen, einfachen Tönen, während Earcons nach der Definition von Brewster (Brewster S. A., 1994) aus einer Reihe von Tönen zum Beispiel eine ganze Harmonie bestehen. In einer Studie fand Brewster (Brewster S. A., 1994) heraus, dass sprachliche Ausgaben besonders für die Ausgabe von auswählbaren Optionen geeignet sind. Auditory Icons dagegen lenken die Aufmerksamkeit auf Inhalte neben dem Text, ohne das Vorlesen eines Textes zu sehr zu stören.

Jung und Schwartz stellen in ihrer Arbeit (Ralf Jung, June 26 - 29, 2007) fest, dass Töne ganz unterschiedliche emotionale Eindrücke beim Zuhörer hinterlassen. Sie ordnen in einer Tabelle Eigenschaften von Musik den hervorgerufenen Emotionen zu.

In einem Handbuch teilt die Organisation ETSI (ETSI -The European Telecommunications Standards Institute, 2002) Audioausgaben im „Human Factors Guide“ in sprechenden und nicht sprechenden Output. Sie übernimmt die Definition beider Ausgaben von Gaver (Gaver, 1997): Sprechende Audioausgaben sind eine Abfolge von Tönen, deren Ursprung aus der eigenen Erfahrung bekannt ist. Sie rufen Assoziationen hervor. Sprechende Audioausgaben sind zum Beispiel das Herunterfallen eines Schlüssels, Zerschlagen von

Glas oder das Knarren einer Tür. Nicht sprechende Audioausgaben definiert Gaver (Gaver, 1997) als musikalische Kombination relativ simpler Töne.

Gaver (Gaver, 1997) stellt ebenfalls fest, dass Auditory Icons bevorzugt sprechende Geräusche sein sollten. Earcons dürfen seiner Meinung nach komponierte, nicht sprechende Audioausgaben sein. Nach seinen Ausführungen sollte immer eine Verbindung zwischen abgespieltem Geräusch und zugehöriger Funktion bestehen. Das erhöht die Verständlichkeit der Funktionen und der Benutzer kann sich die Audioausgaben besser merken. Wenn beim Löschen einer Datei ein „Wegwerfgeräusch“ abgespielt wird, merkt sich der Benutzer dieses passende Geräusch. Unpassende Geräusche verwirren den Benutzer allerdings über lange Zeit, weswegen alle Töne sorgfältig recherchiert und ausgewählt werden müssen. Alle Events eines Systems sollten einen Sound produzieren, um ablaufende Prozesse zu verdeutlichen. Für abstrakte Inhalte sollten metaphorische Sounds erstellt werden, deren realer Ursprung Gemeinsamkeiten mit der Funktion des Systems aufweist. Desto mehr abstrakte Inhalte in einem System vorhanden sind, desto weniger physisch passende Töne können seinen Funktionen zugeordnet werden, was sich negativ auf die Benutzerfreundlichkeit der Audioausgaben auswirkt. Hier muss der Benutzer neue Assoziationen erlernen, um bei der Benutzung des Systems Töne wiederzuerkennen und ihre Funktionen zuzuordnen. Widersprechen diese Assoziationen Tönen der Realität oder Assoziationen aus anderen Programmen, wird der Benutzer verwirrt. Laut Hankinson (Hankinson, 1999) werden Töne mit gleichem Basisakkord als verwandt interpretiert. Earcons sollten deswegen in sogenannten Sets verwendet werden. ETSI stellt im „Human Factors Guide“ (ETSI -The European Telecommunications Standards Institute, 2002) eine ausführliche Liste von Richtlinien für sprechenden und nicht sprechenden Output zusammen.

Absar stellt in einer Arbeit (Rafa Absar, 2008) zwei Listen von Anwendungen zusammen, die für Auditory Icons oder Earcons besonders geeignet sind. Er begründet seine Listen mit den Vor- und Nachteilen von Auditory Icons und Earcons wie in Tabelle 1 ersichtlich:

<b>Auditory Icons</b>	<b>Earcons</b>
+ sind einprägsam	+ sind strukturiert
+ leicht erlernbar und wiederzuerkennen	+ können leichter in Familien eingeteilt und gemerkt werden
+ gehören zum täglichen Leben	+ charakteristische Eigenschaften können dargestellt werden
- Computerinterfaces oder Inhalte haben meist kein Äquivalent in der realen Welt	- müssen erlernt werden
- Metaphern sind schwer zu finden	

Tabelle 1

Legende: + Vorteil; - Nachteil

Brewster untersucht in seiner Arbeit (Brewster, 1994) die Effektivität von Earcons und gibt praktische, musikalische Anleitungen, wie ein Earcon erstellt werden kann. Earcons sollen nicht nacheinander sondern parallel abgespielt werden, wenn sie zu einer Familie von Earcons gehören. Brewster stellt fest, dass es keine musikalische Ausbildung benötigt, um die Struktur von Earcons und deren Unterschiede herauszuhören. Daraus folgert er, dass Earcons von jedermann genutzt und praktisch überall eingesetzt werden können.

In seiner Arbeit "Audio Output Evaluation" (LaSIGE, 2007) vergleicht LaSige sprachliche Ausgaben, Earcons und Auditory Icons: Wenn kein passendes Auditory Icon gefunden wird, soll auf sprachliche Ausgaben ausgewichen werden. Earcons hält LaSige für noch nicht ausreichend evaluiert. Benutzer müssen Earcons während der Benutzung eines Programms erlernen, was LaSige für nicht benutzerfreundlich hält. Außerdem gehen Benutzer nicht selbstsicher mit Earcons um.

Mit der Bedienung eines Ebook Readers für sehbehinderte Menschen setzt sich Duarte (Carlos Duarte, 2004) auseinander. Er schlägt vor visuelle Schaltflächen durch fühlbare Knöpfe zu ersetzen. In seiner Studie stellt Duarte fest, dass Auditory Icons und menschliche Sprache die beste Kombination für die Audioausgabe von Inhalten in Ebooks darstellen. Earcons hält er wegen ihrer

Länge für eher ungeeignet. Er schlägt vor alle Eingaben des Benutzers durch Audio Feedback zu bestätigen.

## **Erarbeitete Strategien für die Umsetzung eines prototypischen Systems**

Mit gesprochenen Texten können komplexe Inhalte schneller vermittelt werden als mit reinen Tönen. Ein Ton muss aussagekräftig und gut hörbar sein. Allerdings muss er angenehm anzuhören sein und trotzdem genügend Aufmerksamkeit auf sich ziehen, um zwischen sprachlichen Ausgaben nicht unterzugehen. Da mir die musikalische Ausbildung fehlt Töne entsprechend auszuwählen und zu erzeugen, habe ich mich in meiner Arbeit für rein sprachliche Audioausgaben entschieden.

Um das System mobil zu gestalten werden dem Benutzer Kamera, Maus, Headset und Laptop mitgegeben.

## **Konzeption eines Programms für die barrierefreie Informationsvermittlung auf mobilen Geräten**

### **Vision**

#### **Programm starten:**

Der Benutzer startet das Programm und rüstet sich mit dem Laptop im Rucksack, der Kamera auf der Kappe, dem Headset und der Maus aus. Auf dem Display wird das Bild der Kamera angezeigt.

#### **Bild aufnehmen:**

Der Benutzer drückt auf die linke Maustaste worauf die Kamera ein Bild aufnimmt.

#### **Bild analysieren:**

Das eben aufgenommene Bild wird vom Programm nach Markern durchsucht. Wird kein Marker gefunden, benachrichtigt das Programm den Benutzer durch die Audio-Ausgabe „Es wurde kein Marker gefunden“.

#### **Marker-Anzahl Ausgabe:**

Die im Bild gefundenen Marker werden vom Programm gezählt. Die Anzahl der gefundenen Marker wird ausgegeben: „Es wurden X Marker gefunden.“ Alle Audioausgaben des Programms können sofort abgebrochen oder so oft wie gewünscht wiederholt werden.

#### **Marker-Auswahl und Ausgabe:**

Der Benutzer kann Marker mithilfe der Richtungstasten einzeln und nacheinander aufrufen. Jeder Marker wird mit seinem Namen vorgelesen. Erfolgt keine Eingabe des Benutzers, wird automatisch der erste Marker links oben im Bild vorgelesen.

Drückt der Benutzer die rechte Maustaste, nachdem ein Marker-Name ausgegeben wurde oder während der Ausgabe, so werden Richtung und Entfernung des Markers zum Zeitpunkt der Bildaufnahme und die optionalen Eigenschaften des Markers ausgegeben.

#### **Marker-Eigenschaften aufnehmen:**

Bei ausgewähltem Marker kann der Benutzer selbst einen Text zur Beschreibung des Gegenstands, der den entsprechenden Marker trägt, aufnehmen. Werden keine Informationen zu einem Marker aufgenommen, soll eine vordefinierte Information standardmäßig mit dem Marker assoziiert werden.

#### **Der Benutzer bewegt sich:**

In einem zu bestimmenden Zeitintervall sollen die 3D Koordinaten des Systems abgerufen und gespeichert werden. Richtung und Entfernung zu erkannten Markern werden neu errechnet und können vom Benutzer ausgegeben werden. (siehe Marker-Auswahl)

### **Neues Bild aufnehmen:**

Soll ein neues Bild aufgenommen werden, drückt der Benutzer die linke Maustaste, die Bildanalyse einer älteren Aufnahme wird abgebrochen. Weiter siehe Bild aufnehmen. Sollte die Kamera nicht angeschlossen sein, wird der Benutzer aufgefordert sie anzuschließen. Das Programm wird nicht neu gestartet.

### **Programm beenden:**

Das Programm kann jederzeit mit der ESC-Taste beendet werden. Das Entfernen der Kamera beendet das Programm nicht.

### **Modi:**

Der Benutzer kann die Audioausgabe in gesprochenen Text (Default) oder in Signaltönen einstellen. Er kann zusätzlich zwischen den beiden Modi „Aufnahme von Marker-Namen“ und „Erkundung bereits spezifizierter Marker“ umschalten.

## **Szenario 1 - Erkunden der Umgebung**

Der Benutzer hat einen Gegenstand verloren und möchte ihn wieder finden. Er startet das System und rüstet sich mit der Kamera, dem Headset und der Maus aus. Er blickt in die vermutete Richtung des Gegenstands und drückt die linke Maustaste. Das System nimmt ein Bild auf und meldet, dass kein markierter Gegenstand gefunden wurde. Der Benutzer blickt in eine andere Richtung und bestätigt noch einmal die linke Maustaste. Das System meldet, dass ein Marker gefunden wurde, beschreibt den entsprechenden Gegenstand und seine Entfernung zur Kamera. Die Richtung in der sich der Benutzer drehen muss, um gerade auf den Gegenstand zu blicken wird mit Hilfe der Uhrzeiten: zum Beispiel bedeutet (12 Uhr bedeutet geradeaus usw.) angegeben. Der Benutzer bewegt sich in Richtung des Gegenstands und nimmt durch

Drücken der linken Maustaste weitere Bilder auf, bis er den Gegenstand erreicht hat.

## **Szenario 2 - Aufnahme von Information markierter Gegenstände**

Ein sehender Benutzer rüstet sich mit der Kamera, dem Headset und der Maus aus und startet das System. Er drückt einen vom System registrierten Marker aus und bringt diesen gut sichtbar, vielleicht an mehreren Seiten eines Gegenstands, an. Er drückt die rechte Maustaste, um in den Aufnahme-modus zu wechseln. Dann nimmt er durch Drücken der linken Maustaste ein Bild auf, der Marker auf dem Gegenstand im Bild wird erkannt und die Audioaufnahme wird gestartet. Der Benutzer nimmt die wichtigsten Informationen wie zum Beispiel den Namen des Gegenstands auf. Der Benutzer drückt die rechte Maustaste, um in den Erkundungsmodus zu wechseln und die linke Maustaste, um sich die aufgenommenen Audiodaten anzuhören. Der Benutzer wiederholt diese Aufnahme, indem er im Aufnahmemodus immer wieder ein neues Bild aufnimmt, bis die Aufnahme zufriedenstellend ist. Der Benutzer beendet das Programm.

## **Programmablauf**

### **Mock-up**

Nachdem sich der Benutzer mit dem System ausgerüstet hat wie in Abbildung 6, nimmt er durch Drücken der linken Maustaste ein Bild auf, welches gespeichert wird: Abbildung 7

Das Bild wird nach Markern durchsucht, die dann der Reihe nach ausgegeben werden: Abbildung 8

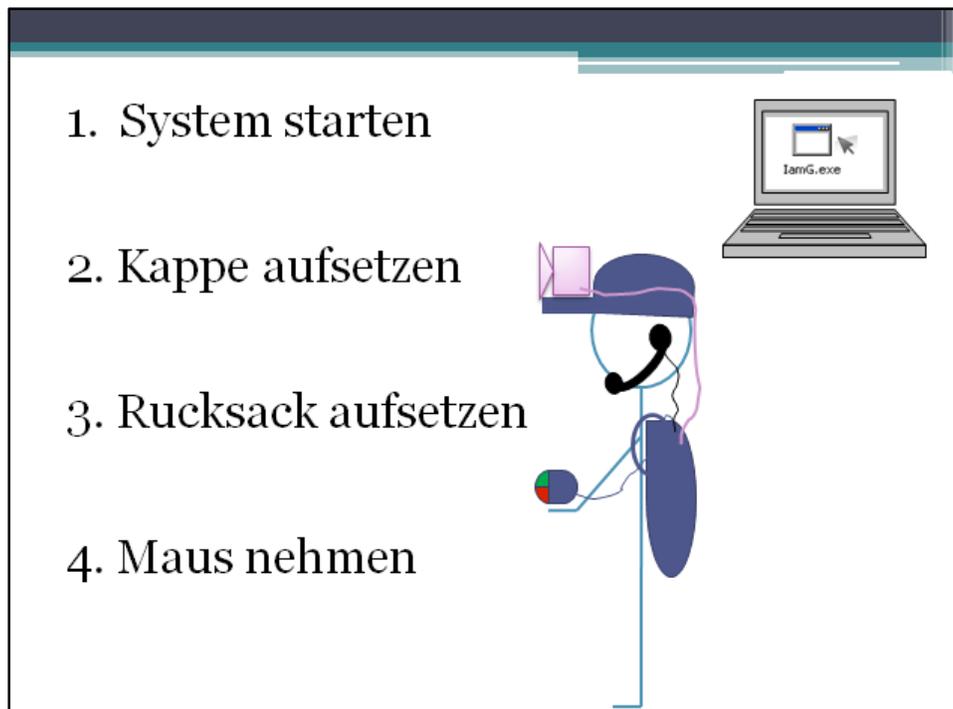


Abbildung 6 Mit System ausrüsten - Mock up

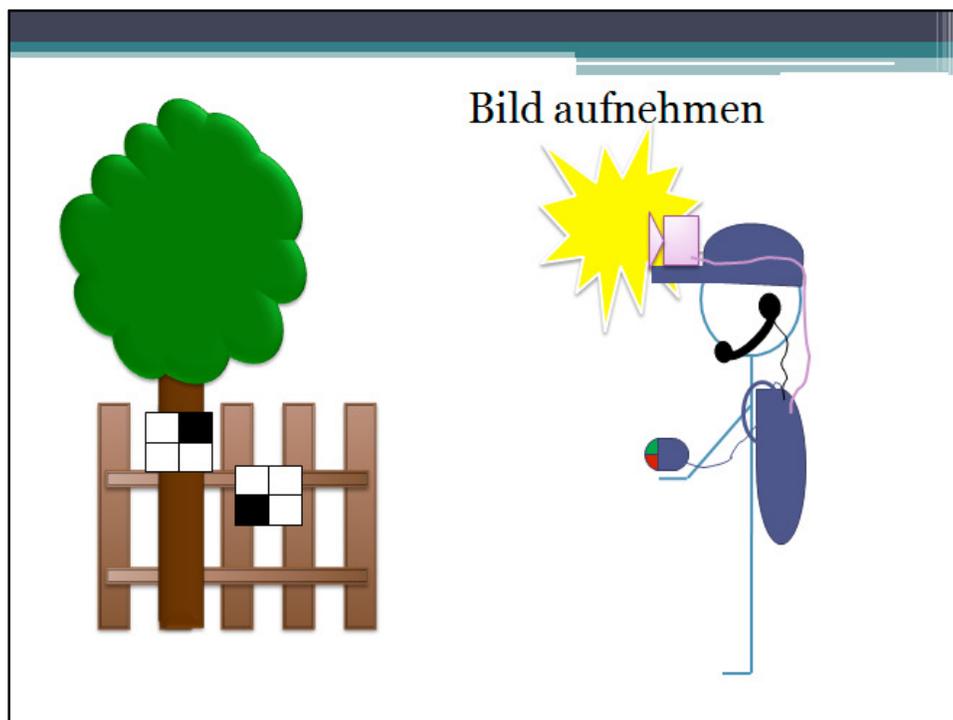


Abbildung 7 Bild aufnehmen - Mock up

Programm gibt Anzahl, Namen, Richtung und Entfernung der erkannten Marker aus

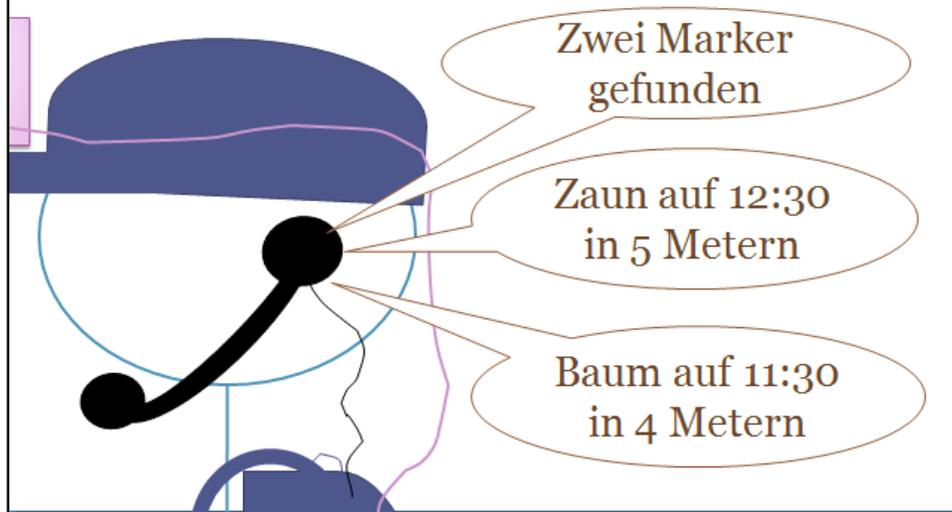


Abbildung 8 Audioausgabe - Mock up

## 4 Prototypische Umsetzung

### Vorüberlegungen

Für die Aufnahme und das Erkennen von Markern im Kamerabild wird ein spezielles Programm benötigt, hier das ARToolKit. Zur Umsetzung der Audioausgaben und -aufnahmen wird eine Soundbibliothek benötigt, in diesem Fall Irrklang. Beide Komponenten sind in C++ Versionen verfügbar. Als Programmierumgebung kann das Visual Studio benutzt werden.

Marker müssen angefertigt, mit ausreichend dickem Rand gedruckt und auf eine glatte, stabile Oberfläche geklebt werden. Alle Marker müssen dem System vor ihrem Einsatz bekannt gemacht werden. Für jeden Marker soll es eine .wav-Datei geben, die an geeigneter Stelle abgelegt werden muss.

### Anforderungsliste

Nr.	Name	Beschreibung	Priorität	Status	Kategorie
1	Auto-start	Das Programm wird automatisch gestartet, wenn das Betriebssystem hochgefahren wurde.	niedrig	100%	User Interface
2	Bildaufnahme	Ein Bild wird durch einen Tastendruck auf die linke Maustaste aufgenommen und gespeichert.	hoch	100%	User Interface
3	Viewfinder in GUI	Bei Programmstart wird das Kamerabild angezeigt.	mittel	100%	GUI

<b>Nr.</b>	<b>Name</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Priorität</b>	<b>Status</b>	<b>Kategorie</b>
4	Marker-suche	Das aufgenommene Bild wird nach Markern durchsucht.	hoch	100%	Bilderken-nung
5	Marker Übersicht	Die erkannten Marker (aus 4) werden gezählt.	hoch	100%	Bilderken-nung
6	Auditory Icon pro Marker abspielen	Die Anzahl der Marker und, ob Marker überhaupt erkannt werden, wird durch eine Audioausgabe angesagt.	mittel	100%	Audiau-sgabe
7	Marker vorlesen	Die Marker-Namen, Richtungen und Entfernungen werden in einer bestimmten Reihenfolge (aus 8) vorgelesen.	hoch	90%	Audiau-sgabe
8	Vorlese-reihen-folge	Der Benutzer entscheidet durch Drücken der Pfeiltasten (oben, unten, rechts, links) in welcher Reihenfolge die Marker-Eigenschaften ausgegeben werden. (oben = von oben nach unten)	niedrig	0%	User Inter-face
9	Ausgabe ab-brechen	Die gerade laufende Ausgabe kann durch Drücken der linken Maustaste abgebrochen werden.	mittel	0%	User Inter-face

<b>Nr.</b>	<b>Name</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Priorität</b>	<b>Status</b>	<b>Kategorie</b>
10	Ausgabe wiederholen	Durch Drücken der linken Maustaste kann die letzte Ausgabe wiederholt werden.	mittel	0%	User Interface
11	Gegenstand wählen	Mit den Richtungstasten werden die Gegenstände mit einer kurzen Ansage durchgegangen.	hoch	0%	User Interface
12	Gewählten Gegenstand ausgeben lassen	Mit dem Drücken der Haupttaste, während ein Gegenstand ausgewählt ist, werden die Eigenschaften und die Richtung des Gegenstands ausgegeben.	hoch	50%	User Interface
13	Gegenstand merken und neues Bild aufnehmen	Durch Drücken der Haupttaste, während die Eigenschaften eines Gegenstands vorgelesen werden und bis zu 5 Sekunden später, wird ein neues Bild aufgenommen und nach dem gleichen Gegenstand durchsucht.	hoch	0%	User Interface

<b>Nr.</b>	<b>Name</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Priorität</b>	<b>Status</b>	<b>Kategorie</b>
14	Neues Bild vom Gegenstand aufgenommen	Der bereits gewählte Gegenstand wird auf dem neuen Bild sofort ausgewählt.	mittel	0%	Prozess
15	Neues Bild ohne Gegenstand aufgenommen	Wird der ausgewählte Gegenstand nicht gefunden, wird der Benutzer aufgefordert noch ein Bild aufzunehmen.	hoch	0%	Prozess
16	Tipps zum Gegenstand	Wurden Gegenstände vom alten Bild entdeckt, aber der gesuchte Gegenstand nicht, soll ein Tipp abgegeben werden wo sich der gesuchte Gegenstand befinden könnte. Das wird so lange gemacht, bis auf einem neuen Bild der Gegenstand gefunden wurde oder die Abbrechen Taste gedrückt wird.	niedrig	0%	Prozess

<b>Nr.</b>	<b>Name</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Priorität</b>	<b>Status</b>	<b>Kategorie</b>
17	Programm beenden	Mit ESC oder dem Schließen des Fensters, in dem das Video angezeigt wird, wird das Programm beendet.	hoch	100%	Prozess
18	Speichermanagement	Wird ein neues Bild aufgenommen, wird das alte Bild sofort gelöscht.	hoch	100%	Prozess
19	linke Maustaste drücken	Bild aufnehmen, Eigenschaften eines Gegenstands ausgeben.	hoch	100%	Allgemeine Tastenbelegung
20	Wiederholen Taste drücken	letzte Audioausgabe wiederholen	hoch	0%	Allgemeine Tastenbelegung

Nr.	Name	Beschreibung	Priorität	Status	Kategorie
21	Abbrechen Taste drücken	Abbruch der Markersuche im Bild, Abbruch von laufenden Audioausgaben	hoch	0%	Allgemeine Tastenbelegung
22	Sprachaufnahme	Zu einem gewählten Gegenstand können Eigenschaften per Mikrofon aufgenommen werden.	mittel	100%	Allgemeine Tastenbelegung
23	Modi wechseln durch rechte Maustaste	Durch Drücken der rechten Maustaste wechselt der Benutzer zwischen Erkundungsmodus (Bild aufnehmen und Marker ausgeben) und Aufnahmemodus (Bild aufnehmen und Markernamen aufnehmen) hin und her.	mittel	100%	Allgemeine Tastenbelegung

### **Anmerkungen und Änderungen der Anforderungen durch den Umstieg vom Mobiltelefon auf den Laptop**

- Anforderung 7: Alle Marker werden komplett mit Namen (aus der hinterlegten Audiodatei), Richtung und Entfernung zur Kamera vorgelesen. Die

Reihenfolge kann vom Benutzer nicht bestimmt werden. Marker werden immer von oben links nach unten rechts im Bild vorgelesen.

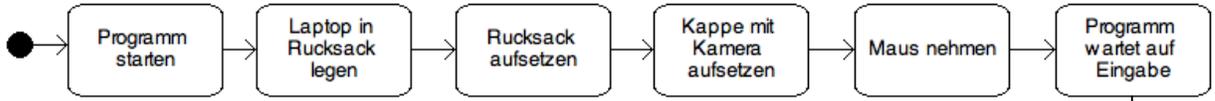
- Anforderung 8 erübrigt sich mit der Änderung von Anforderung 7.
- Anforderung 10 wurde aus Mangel an Maustasten nicht realisiert. Auf dem Handy stünden genügend Tasten zur Verfügung, die aber in Tests während der Interviews nicht von allen sehbehinderten Menschen allein durch erfühlen voneinander unterschieden werden konnten.
- Anforderung 11 erübrigt sich mit der Änderung von Anforderung 7.
- Anforderung 12: Die Eigenschaften der Marker werden direkt, ohne eine zusätzliche Bestätigung des Benutzers ausgegeben.
- Anforderung 13: IDs oder Koordinaten von bereits erkannten Markern werden vom System vergessen. Sehbehinderte Personen benötigen Information, um Räume zu kartieren. Diese Kartierung soll daher nicht mehr durch das System erfolgen.
- Anforderung 14, 15, 16 erübrigen sich mit der Änderung von Anforderung 13.

## **Aktivitätsdiagramm aus Benutzersicht**

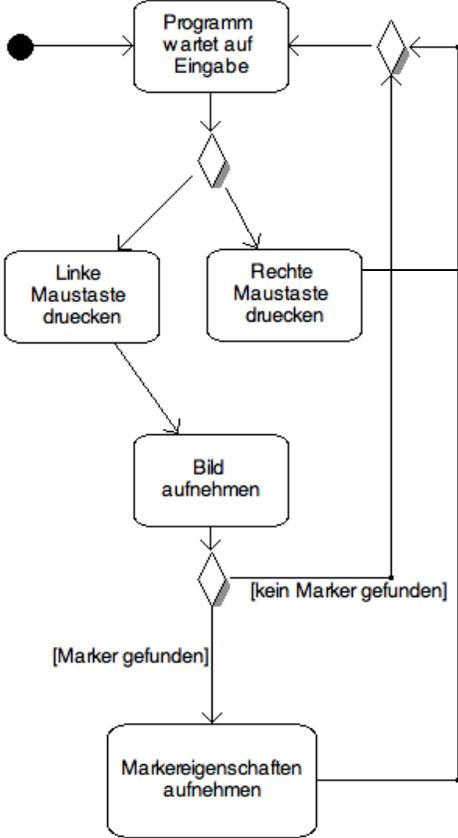
Im folgenden State Chart werden die einzelnen Schritte, die das Programm durchläuft aus der Sicht des Benutzers dargestellt:

Das Programm kann jederzeit beendet werden. Nach dem Start des Systems muss eine Auflösung für die Kamera gewählt werden. Bildaufnahme und Bildanalyse werden vom ARToolKit ausgeführt. Die Marker-Ausgabe und das Aufnehmen der Marker-Eigenschaften werden von Funktionen der Sound Bibliothek „Irrklang“ (Ambiera) übernommen.

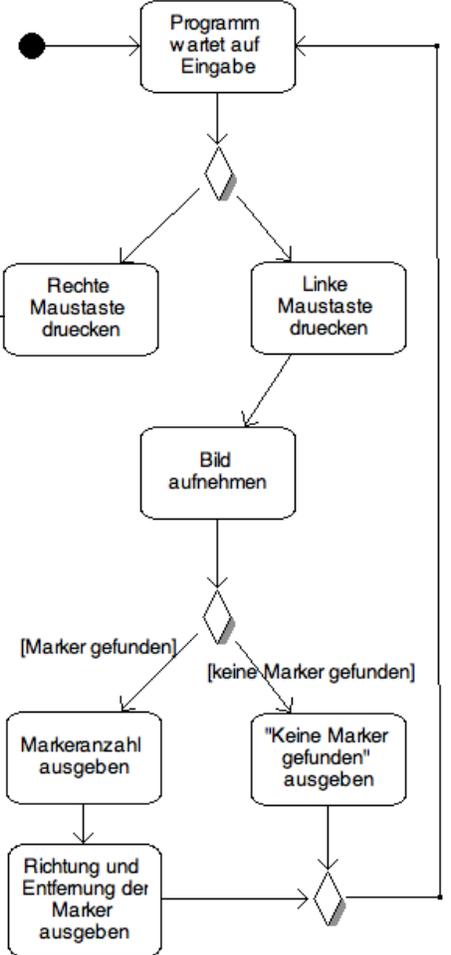
### System starten



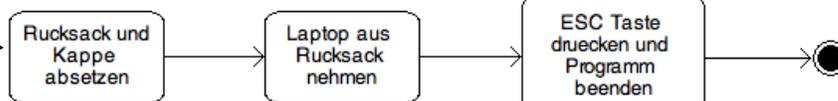
### Aufnahmemodus



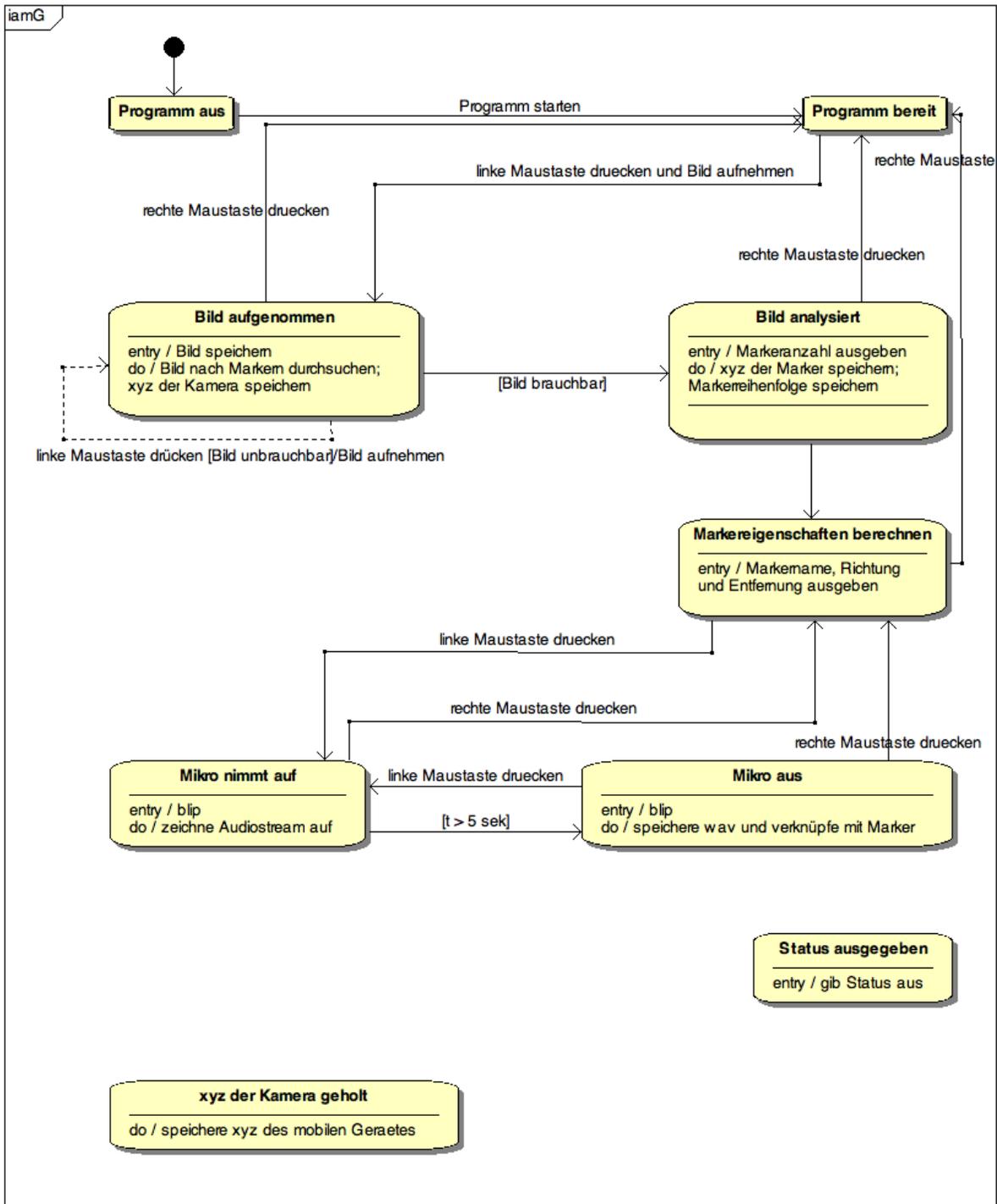
### Erkundungsmodus



### System beenden



# State Chart aus Sicht der Anwendung



# Entwicklungsumgebung

## Software-Bibliothek: ARToolKit

Das ARToolKit (ARToolKit) ist eine Software-Bibliothek für Augmented Reality (AR) Anwendungen. In einem aufgenommenen Kamerabild können die realen Bildinhalte um virtuelle Inhalte erweitert werden.

Wie auf Abbildung 9 unten zu sehen, hält die Person einen Marker in den Händen. Dieser Marker wird vom ARToolKit erkannt und es können neue Inhalte, wie der animierte Samurai-Kämpfer im aufgenommenen Kamerabild, hinzugefügt werden. Wenn sich der Marker bewegt, bewegt sich die Figur in Echtzeit entsprechend mit.

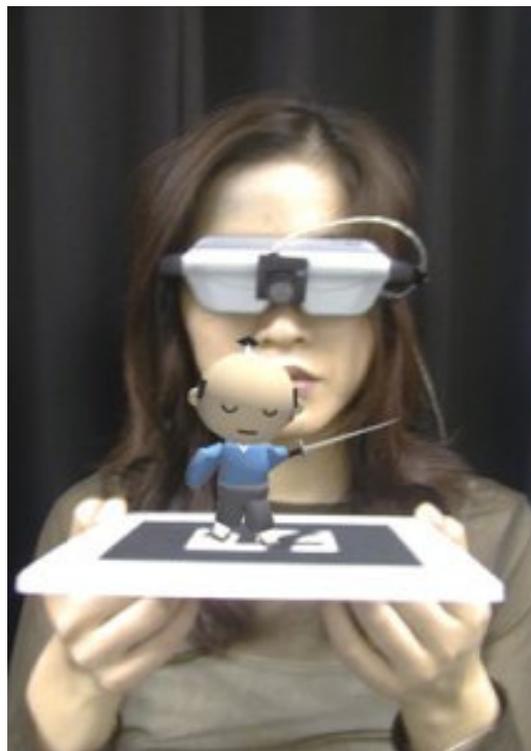


Abbildung 9 ARToolKit

Das ARToolKit ist eine Sammlung von Programmen. Einige der Features des ARToolKits sind:

- Berechnung der Position und Ausrichtung der Kamera.
- Marker bestehen aus einfachen, schwarzen Quadraten.
- Die Marker dürfen beliebig komplizierte oder einfache Muster aufweisen
- Kamerakalibrierung
- Schnell genug für Echtzeitanwendungen
- Plattformunabhängig
- Der gesamte Source-Code steht zur Verfügung und ist dokumentiert
- Steht kostenfrei zur nicht-kommerziellen Nutzung zur Verfügung

## **Sound-Bibliothek: Irrklang**

Für die Audioausgabe und -aufnahme wurde die freie Soundbibliothek Irrklang (Ambiera) verwendet.

Irrklang (Ambiera) ist eine plattformübergreifende, 2D- und 3D Sound-Engine für Windows, Mac OS X und Linux und beinhaltet eine Audio-Bibliothek. Sie spielt WAV, MP3, OGG, FLAC, MOD, XM, IT, S3M und andere Dateiformate ab und kann in C++ und allen .NET-Sprachen (C #, VisualBasic.NET, etc.) programmiert werden. Irrklang bietet neben vielen nützlichen Funktionen das Aufnehmen und Abspielen von Audiodaten an, die in dieser Arbeit verwendet werden:

```

#include <iostream>
#include <irrKlang.h>
using namespace irrklang;

void say()
{
    // Sound-Engine mit Standard-Parametern starten
    ISoundEngine* engine = createIrrKlangDevice();

    if (!engine)
        // Fehler beim Starten der Engine

    // Spiele eine Audiodatei ab
    engine->play2D("somefile.mp3", true);

    char i = 0;
    std::cin >> i; // auf den Benutzer warten, bis der eine Taste drückt

    engine->drop(); // Engine löschen
}

```

Wie im oben gezeigten Programmbeispiel zu sehen ist, kann eine Audiodatei recht unkompliziert ausgegeben werden. Die Aufnahme von Audiodaten über ein Mikrofon und das Speichern in einer Datei sieht etwas umfangreicher aus und bei beiden Anwendungen wird eine Sound-Engine mit Standard-Parametern gestartet. Diese sollten allerdings nur für eine Funktion verwendet werden: entweder die Aufnahme oder das Abspielen von Audiodateien. Ein Wiederverwenden der gleichen Engine oder ein erstellen einer neuen Engine, bevor die alte oder noch laufende Engine gelöscht wurde, ist nicht möglich.

## **Algorithmen und Funktionsumfang**

### **Berechnungen der Entfernung und Richtung der Kamera zum erkannten Marker**

Die Entfernung des im Bild aufgenommenen Markers zur Kamera wird, wie in Formel 2 dargestellt, mithilfe der bekannten Breite des Markers und der Bildschirmbreite in Zentimetern berechnet. Da die Bildschirmbreite vorerst nur in Pixeln bekannt ist, die Entfernung aber in Zentimetern ausgegeben werden

soll, muss zuerst die Bildschirmbreite in Zentimeter umgerechnet werden, wie aus Formel 1 ersichtlich ist.

---

*Formel 1*

---

*Formel 2*

Bei der Berechnung der Richtung, in der sich die Marker befinden, habe ich die Angaben der Uhrzeiten auf bestimmte Bereiche im aufgenommenen Bild festgelegt. Das ARToolKit liefert beim erkennen von Markern unter anderem die Mittelpunkte der Marker im Bild zurück. Liegen die Mittelpunkte in bestimmten Bereichen des Kamerabilds wird ihnen eine entsprechende Uhrzeit zugeordnet. Die Kamera hat einen Öffnungswinkel von 80 Grad. Wenn für 360 Grad 12 Richtungsangaben auf der Uhr festgelegt sind, dann ergeben sich für 80 Grad im Verhältnis zu 360 Grad 2,66 Richtungsangaben. Aufgerundet habe ich mich für drei Richtungsangaben entschieden. Sie entsprechen den Uhrzeiten von 11 Uhr bis 1 Uhr in 30 Minuten Schritten wie in Abbildung 10 zu erkennen ist.



**Abbildung 10 Einteilung des Kamerabilds in Uhrzeiten**

## **Grenzen des Systems**

Marker können in einem Neigungswinkel von bis zu 70 Grad vom System als Marker erkannt werden. Bei größeren Neigungswinkeln muss der weiße Rand des Markers sehr breit sein. Beim Test nahm der Rand ein Drittel der gesamten Markerbreite ein. Der Marker muss eine planare Fläche sein und sollte deswegen nicht gebogen oder gefaltet an Gegenständen angebracht sein.

Die Marker können auf die Entfernungen von 20 cm bis zu 15 m problemlos erkannt werden. Alle eingesetzten Marker sollten die gleiche Größe haben damit die Entfernungsberechnung korrekt erfolgt. Da der Boden bei der Bildaufnahme oft nicht mit aufgenommen wird, empfehle ich zusätzlich zum Einsatz dieses Programms, das Abtasten des Bodens zum Beispiel mit den Füßen.

## **Bildkoordinaten statt Weltkoordinaten**

Das Speichern der Positionen von Markern auf einer Weltkarte wurde nicht umgesetzt. Aus den Bildkoordinaten der Marker wurden Entfernung und Richtung berechnet.

Die Idee einer Weltkarte mit Weltkoordinaten bereits erkannten Marker und der Kamera wurde verworfen, weil das System auf einem Laptop und nicht auf einem Handy mit Bewegungsmesser umgesetzt wurde und aus dem daraus entstandenen Zeitmangel. Weltkoordinaten des Laptops hätten allerdings ermittelt werden können. Mit Hilfe der Weltkoordinaten der Marker und denen der Kamera könnten zusätzliche Eigenschaften wie die Höhe der Marker angegeben werden. Zuvor erkannte Marker, die sich nicht bewegen sollten, könnten in einer Weltkarte gespeichert werden und zum Beispiel wie eine Landkarte in hohem Kontrast für sehbehinderte Menschen mit Sehrest oder als Beschreibung sprachlich ausgegeben werden. Zusätzlich zum Erkennen von Marker könnten andere Trackingverfahren eingesetzt werden, um Wände oder fest stehende, nicht markierte Hindernisse zu erkennen. Beispiele wären Parkende Autos, Straßenschilder oder für die Kamera unsichtbare

Glastüren, Schaufenster oder verwirrende Spiegelnde Oberflächen, die nicht mit Markern versehen sind.

Eine Umgebung kartiert eine sehbehinderte Person selbstständig, daher habe ich mich bei der prototypischen Umsetzung des Systems auf das Umsetzen von Funktionen beschränkt, die sehbehinderten Menschen fehlen.

## **Prä-Evaluation des entwickelten Systems**

Nach der Implementierung der wichtigsten Funktionalitäten der Software führte ich zwei Tests mit zwei Probanden durch. Die Protokolle dieser beiden Prä-Evaluationen sind im Anhang zu finden.

Beide Probanden gehören nicht zur Zielgruppe sehbehinderter Personen und wurden aus diesem Grund mit einer Schlafmaske versehen. Beide Testläufe fanden in einem nicht extra für diesen Test präparierten Raum, also in gewohnter Umgebung mit gewohnten Hindernissen statt. Aufgabe war es, eine mit einem Marker gekennzeichnete Wasserflasche zu finden. Die Art des Markers wurde vor dem Testlauf beschrieben. Die Audioaufnahme von Marker-Informationen wurde in diesem Test vernachlässigt. Der Ort, an dem sich die Flasche befand war in beiden Testläufen verschieden. Die Probanden bekamen eine kurze, mündliche Einführung in die Funktionsweise des Systems. Das entwickelte System konnte vor den Testläufen nicht ausprobiert werden.



**Abbildung 11 Prä-Evaluation Andreas Kampa**

Das System bestand aus einer Kappe, auf der die Kamera befestigt wurde, einem Headset für die Audioausgabe, einer präparierten Computermaus, die der Proband in der linken Hand hielt. und dem Laptop. Laptop und Maus wurden von den Probanden im linken Arm gehalten, damit mit dem rechten Arm die Umgebung abgetastet werden konnte. Das System wurde bei der Ausgabe der Funktionen von mir mündlich unterstützt, da die Probanden nicht wussten, wie lange eine Audioausgabe dauert und dass es kurze Pausen zwischen den Ausgaben gibt. Auch habe ich die Probanden gewarnt, wenn sie im Begriff waren gegen einen Gegenstand zu laufen. Beide Probanden ignorierten die Anweisung, vor jedem Schritt, den sie gehen wollen bescheid zu sagen.

In diesem Punkt unterscheiden sich die Probanden von der Zielgruppe der sehbehinderten Personen. sehbehinderte Menschen sind es gewohnt eher geduldig, ruhig und vor allem langsam durch eine Umgebung zu laufen, um Kollisionen zu vermeiden. Normal sehende Personen versuchen noch wäh-

rend einer Kollision mit Gegenständen oder Personen auszuweichen, anstatt langsamer zu werden oder stehenzubleiben.

Dieser Unterschied manifestierte sich bei den beiden Probanden unterschiedlich: Der erste Proband bewegte sich extrem vorsichtig nur in der eigenen Reichweite hin und her und forderte Audioausgaben wiederholt aus dem gleichen Blickwinkel an, um den platzierten Marker zu erkennen. Die zweite Probandin bewegte sich nach nur einer Audioausgabe im Raum auf den gewohnten Wegen sehr schnell auf den Marker zu.

Eine sehbehinderte Person ist mehr daran gewöhnt, seine eigenen Bewegungen zu berichtigen, als eine normal sehende Person. Aus diesem Grund ignorierte die zweite Probandin, dass sie nicht wie gewohnt geradeaus, sondern unbemerkt eine kleine Kurve gelaufen war.

Daran lässt sich gut erkennen, dass eine sehende Person ihre Umgebung und die eigene Orientierung ausschließlich an visuellen Rückmeldungen festmacht. Ohne diese visuellen Bestätigungen ist das Laufen in eine Richtung fast völlig ausgeschlossen. In den Interviews, die ich zur Recherche durchgeführt habe, erfuhr ich, dass diese Gegebenheiten sehbehinderten Personen sehr bewusst sind. Dementsprechend vorsichtig und in kleinen Schritten bewegen sie sich fort. Auch haben beide Probanden nach einem oder mehreren Schritten in eine abweichende Richtung ihre Position in der Umgebung falsch eingeschätzt und waren nicht in der Lage diese in kurzer Zeit gedanklich zu berichtigen. Gegenstände wurden daher an ungewohnter Stelle oder die Wand viel näher wahrgenommen, als sie es in der rein visuell aufgebauten, gemerkten Umgebung waren. Diese gemerkte Umgebung konnte von beiden Probanden daher schlecht an die Orientierung in Raum angepasst werden, die das System ausgab: Wenn zum Beispiel der Proband die Wasserflasche mit Hilfe des Systems auf 1 Uhr „gesichtet“ hatte und einen Schritt in diese Richtung gehen wollte, dann drehte er sich und machte gleichzeitig einen Schritt. Die Drehung war leider zu weit nach rechts gerichtet und die Flasche befand sich nicht wie erwartet auf 12 Uhr, sondern auf 11 Uhr.

Meine Schlussfolgerung aus diesen beiden Testläufen beschränkt sich auf die Benutzerfreundlichkeit, weil die beiden Probanden nicht zur Zielgruppe gehören. Um Schlüsse über die Unterstützung von Orientierung oder Wahrnehmung der Umgebung durch das System zu ziehen, müsste das System in entsprechenden Test mit Probanden der Zielgruppe evaluiert werden.

In beiden Testläufen wurden wiederholt falsche Uhrzeiten für den platzierten Marker ausgegeben. Diese falschen Uhrzeiten traten ab einem bestimmten Punkt in den Tests auf. Andere Ausgaben außerhalb dieser beider Tests waren allerdings immer korrekt. Daraus schließe ich, dass während des Testlaufs die Kamera auf der Kappe verrutscht ist oder sich gedreht haben muss. Daraufhin habe ich die Kamera auf der Kappe mit Blutack (IKO, 2007), ein englisches, extrem starkes aber ablösbares Haftgummi, so um klebt, dass sich die Kamera auf ihrem Sockel nicht mehr drehen kann.

Die zweite Probandin bemerkte, dass sie nicht wüsste, wie weit ein oder zwei Meter entfernt seien. Ob eine Ausgabe in Armlängen oder „in Reichweite“ beziehungsweise „nicht in Reichweite“ effektiver ist als die Ausgabe der Entfernung in Metern und ob diese umsetzbar ist, muss an anderer Stelle untersucht werden.

Damit bei einer eventuellen Evaluation schnell Fehlverhalten des Systems oder der Probanden durch sprachliche Anmerkungen ausgeglichen werden kann, sollten die Audioausgaben in Zimmerlautstärke erfolgen.

Damit nur Marker erkannt werden, die sich in der Testumgebung befinden, sollte diese wenn möglich einfarbig sein oder keine bis wenige Muster aufweisen. Besonders aufwendige Muster auf den Markern verhindern, dass diese mit anderen Gegenständen verwechselt werden. Das spart Zeit bei den Audioausgaben, weil jeder Marker ausgegeben wird. Ein großer Vorteil ist, dass die Probanden während des Tests nicht verwirrt werden.

## **5 Forschungsdesign zur Evaluation des erstellten Systems**

### **Einführung**

Das System müsste nun in mehreren, aussagekräftigen Tests evaluiert werden. Da dies sehr aufwendig ist, wird im Rahmen dieser Arbeit ein durchführbares Forschungsdesign ausgearbeitet. Das Forschungsdesign wird mit einem Probanden evaluiert.

### **Vorgehen des Forschungsdesigns**

In diesem Forschungsdesign werden mögliche, theoretische Hypothesen aufgestellt, durchführbare Test mit entsprechend vorzubereitenden Testumgebungen definiert und Hinweise zur Auswahl von Probanden gegeben. Der angesprochene mobile Systemaufbau wurde bereits während der Umsetzungsphase an zwei Probanden auf seine Benutzerfreundlichkeit praktisch getestet und Verbesserungen im Kapitel 4 diskutiert. Im Anschluss an die erarbeiteten Vorschläge werden diese Ansätze und mögliche Strategien zur Auswertung diskutiert.

### **Grundlagen zum Forschungsdesign – Ablauf einer statistischen Untersuchung**

Wie in der Literatur ausführlich beschrieben, muss zu jedem statistisch auswertbaren Versuch vorab eine Hypothese in Form einer Fragestellung ausgearbeitet werden. Eine brauchbare Hypothese muss mehreren logischen Kriterien Stand halten, damit sie als Untersuchungsgegenstand endgültig festgelegt werden kann. (Bortz, 2005)

Um Pannen vorzubeugen werden Ablauf und Aufbau der Untersuchung vorab geplant und Variablen aufgestellt. Die unabhängigen und abhängigen Variablen sind für dieses Forschungsdesign im Folgenden aufgelistet:

**Für die Untersuchung unabhängige Variablen:**

- Marker
- das entwickelte System und dessen Komponenten und deren Einstellungen
- der Raum und seine Ausstattung
- das Licht, das in den Raum fällt.

**Für die Untersuchung abhängige Variablen:**

- die Tagesform und Bereitschaft der Probanden
- die Disziplin aller Beteiligten
- die Zielstrebigkeit der Probanden
- die Handhabung des zu testenden Systems durch die Probanden

Im Anschluss an die Planung, muss man sich für eine Labor- oder eine Felduntersuchung entscheiden. In diesem Fall entscheide ich mich für eine Laboruntersuchung, da diese meist eindeutiger interpretierbar sind, und damit die Gültigkeit und Validität ihrer Ergebnisse gesteigert werden. Danach folgt die Einschätzung welche Handlungen der Probanden Rückschlüsse auf welche Variablen zulassen, und es werden zu messende Variablen ausgewählt. Ich entscheide mich hierbei für das Messen der Zeiten, die Probanden zum Erfüllen einer Aufgabe benötigen (siehe Hypothesen). Die Anzahl der Hinweise, die Probanden während der Untersuchung in Anspruch nehmen, eignet sich auch als Maßeinheit dieses Forschungsdesigns. Die Versuchspersonen sollten nach bestimmten Kriterien ausgewählt werden. Für mein Forschungsdesign

empfehle ich als Schlussfolgerung meiner Prä-Evaluation (siehe Kapitel 4) sehbehinderte Menschen als Versuchspersonen zu untersuchen.

Im Anschluss daran sollte die Untersuchungsphase vorstrukturiert werden, das heißt es wird über die Brauchbarkeit der Hypothesen entschieden und es werden Auswertungstechniken bestimmt. Danach beginnt die eigentliche Untersuchungsphase mit den Testläufen. Es schließt sich die Auswertungsphase an, in der die während der Untersuchung gesammelten, statistischen Daten verarbeitet werden. Diese Phase sollen Brauchbarkeit und Objektivität von Messinstrumenten, wie Fragebögen, bewertet und alle Daten tabellarisch und übersichtlich zusammengestellt werden. Gegebenenfalls kann eine Irrtumswahrscheinlichkeit ausgerechnet werden, die ein vor der Untersuchung festgelegtes Signifikanzniveau nicht überschreiten sollte. In der anschließenden Entscheidungsphase werden Signifikanzniveau und Irrtumswahrscheinlichkeit miteinander verglichen. Ist die Irrtumswahrscheinlichkeit der höhere Wert, dann war die Untersuchung nicht signifikant, also nicht geeignet um die Hypothese zu bestätigen. Ist das Signifikanzniveau der höhere Wert von beiden, so war die Untersuchung signifikant und die Hypothese wurde bestätigt.

Je nachdem wie eine Hypothese ausgewertet werden soll, unterscheidet verschiedene Typen von Fragestellungen. In diesem Forschungsdesign können die Fragestellungen der Hypothesen mit Ja oder Nein beantwortet werden, es sind also Nullhypothesen. Wenn das Forschungsdesign mit Stichproben durchgeführt wird braucht man ein Verteilungsfreies Verfahren, um Hypothesen zu bestätigen.(Bortz, 2005)

In allen Testläufen sollte die gleiche Referenzpopulation teilnehmen. Wenn zu einer Hypothese die Daten von zwei Stichproben genommen werden, kann man über eine Zweistichprobenanalyse die Signifikanz einer Nullhypothese überprüfen.

# Hypothesen des Forschungsdesigns

1. Das entwickelte System beschleunigt das Wiederfinden von deplatzierten Gegenständen

Beschleunigt das System die Auffindbarkeit von bereits bekannten Gegenständen, die ohne Wissen des Probanden an eine andere Stelle gelegt wurden? Hier kann das Herunterfallen oder Wegrollen von Gegenständen simuliert werden.

2. Beschleunigung des Erkennens von neuen Gegenständen in einer bekannten Umgebung

Beschleunigt das System das Erkennen und Auffinden von Gegenständen, die ohne Vorwarnung in eine bekannte Umgebung eingebracht wurden? Hier wird die Zeit gemessen, die ein Proband braucht bis der Gegenstand erkannt wurde.

3. Benutzerfreundlichkeit des Systems

Ist das System trotz der beschäftigten Hand und der Konzentration auf die Audioausgaben verständlich zu bedienen? Hier kann getestet werden ob Probanden mit dem System ohne Anleitung umgehen können. Als Benutzer vieler verschiedener Geräte im alltäglichen Leben werden Bedienungsanleitungen oft ignoriert. Ist eine Bedienungsanleitung dieses Systems für den Benutzer unabdingbar?

4. Verbesserung der Orientierung sehbehinderter Menschen durch das System

Jeder Mensch hat eine subjektive Vorstellung seiner unmittelbaren Umgebung, die je nach Informationsaufnahme angepasst wird. In dieser Umgebung befindet man sich an einer bestimmten Stelle. Durch Befragung von Probanden könnte herausgefunden werden, ob sich das System bestärkend (positiv)

oder ablenkend (negativ) auf die Orientierung von sehbehinderten Menschen auswirkt.

## **Auswahl geeigneter Testumgebungen für die Durchführung des erstellten Forschungsdesigns**

Eine Testumgebung sollte physisch für alle Probanden sicher sein, zum Beispiel durch Abkleben von Ecken und scharfen Kanten und Entfernen von Hindernissen, die nicht zum Testaufbau gehören. Desweiteren kann der Proband durch mündliche Anleitung unterstützt werden. Der Boden sollte fest und trittsicher sein. Die Verletzungsgefahr durch das den Probanden führende System muss auf ein Minimum reduziert werden.

In den Tests sollte zwischen bekannten oder unbekanntem Testumgebungen unterschieden werden. Unbekannte Testumgebungen sollten dem Probanden vor Testbeginn ausführlich beschrieben werden. Es sollte eine Eingewöhnungsphase geben, in der die eigenständige Erkundung der Umgebung möglich ist. Um den Zeitrahmen nicht zu sprengen, sollten alle Testumgebungen nur mit den zu identifizierenden Gegenständen eingerichtet sein. Als bekannte Testumgebung könnten für den Probanden bereits bekannte Umgebungen wie das eigene Büro oder ein Zimmer in der eigenen Wohnung als Testumgebungen dienen.

Die Testumgebung muss auf den fokussierbaren Bereich der Kamera begrenzt werden. Es muss genügend Raum vorgesehen werden, damit sich die Probanden mit einem Rucksack auf dem Rücken drehen können, ohne mit platzierten und eventuell noch unbekanntem Gegenständen zu kollidieren.

## **Handhabung des mobilen Systems**

Das System muss mobil sein, um die Hände der Probanden so wenig wie möglich in Anspruch zu nehmen. Um diese Ziele zu erreichen, wird der Laptop in

einem Rucksack platziert. Die Kamera wird fest auf dem Visier einer Kappe angebracht und dem Probanden aufgesetzt. Sie soll während des Versuchs nicht verrutschen oder herunterfallen.

Aus der Prä-Evaluation im Kapitel Umsetzung schließe ich, dass die Audioausgabe in Zimmerlautstärke erfolgen sollte. Im Falle von Systemausfällen oder Ereignissen, die das Ergebnis eines Testlaufs unbrauchbar machen könnten, kann mittels mündlicher Anleitung entgegen gewirkt werden.

Die Audioaufnahme kann über ein Headset erfolgen. Das System wird mit den beiden Tasten der Maus gesteuert, die in einer Hand gehalten wird. Die Bewegungssensoren der Maus sind so gut es geht abzustellen, zum Beispiel durch Entfernen der Kugel. Sollte der Proband mit beiden Händen die Umgebung ertasten wollen, kann eine sehende Person während des Testlaufs mit dem Proband mitlaufen und nach dessen Aufforderungen die Maus bedienen.

## **Auswahl geeigneter Probanden**

Eine Evaluation sollte mit Hilfe von sehbehinderten Personen mit verschiedenen Ausprägungen durchgeführt werden. Um die bereits vorhandene Orientierung der Personen nicht zu beeinflussen sollten keine vereinheitlichenden Maßnahmen wie Abdecken des Sichtfeldes der Probanden vorgenommen werden.

Die Probanden sollten in zwei Gruppen unterschieden werden: In die an ihre Sehbehinderung sehr gut angepasste Gruppe (zum Beispiel von Geburt an Erblindete), und die an ihre Sehbehinderung schlecht angepasste Gruppe (die zum Beispiel seit weniger Zeit an einer Sehbehinderung leiden). Dies ist damit begründet, dass Personen beider Gruppen sehr unterschiedliche Geschwindigkeiten in ihrer Fortbewegung und Erkundung ihrer Umgebung aufweisen, die die Evaluationsergebnisse beeinflussen können. Auch die Mittel der In-

formationsübertragung durch Tasten, zum Beispiel das Lesen der Braillezeile, und Hören sind bei beiden Gruppen sehr unterschiedlich ausgeprägt.

Wenn der Tastsinn eines Probanden unzureichend ausgebildet ist, muss die Bedienung der Maus, bei der zwei Tasten voneinander unterschieden werden, einer unterstützenden Person anvertraut werden. Bei Hörgeschädigten sollte die Lautstärke der Audioausgabe entsprechend angepasst und vorab an dem Probanden getestet werden.

## **Mögliche Durchführung und Ansätze zur Auswertung von Testläufen des Forschungsdesigns**

### 1. Beschleunigung des Auffindens von verlagerten Gegenständen

Um herauszufinden, ob das System diese Hypothese erfüllt, müssen zwei verschiedene Tests durchgeführt werden: In einem Test muss dem Probanden ein Gegenstand und seine Position bekannt gemacht werden. Dann muss der Gegenstand einmal mit und einmal ohne Hilfe des entwickelten Systems wieder gefunden werden. Gemessen wird die Zeit von Beginn bis zum Ende der Suche. Es sollte eine maximale Zeit geben, nach der die Suche nach dem Gegenstand eingestellt wird.

Einige Probanden sollten im ersten Testlauf mit und andere ohne die Unterstützung des Systems auf die Suche nach dem Gegenstand gehen. Alternativ kann der Gegenstand in beiden Versuchen an unterschiedlichen Orten platziert werden, damit die Probanden beim zweiten Testlauf keinen zeitlichen Vorteil gegenüber dem ersten Testlauf haben. Wenn der Gegenstand an verschiedenen Orten platziert wird, sollten pro Teilnehmer mehrere verschiedene Orte ausgewählt werden; zum Beispiel sechs Orte: rechts, links, vor, hinter, unter und über der Ausgangsposition des Gegenstands. Dadurch können in der Auswertung die vom Probanden benötigten Zeiten zum Finden des Gegenstands gemittelt werden. Gewohnheiten bestimmte Gegenstände an bestimmten Orten zu vermuten könnten das Verhalten von Probanden maß-

geblich beeinflussen. Durch das Nutzen verschiedenartiger Orte als Standpunkt der Gegenstände könnten diese den Probanden betreffenden Eigenheiten vernachlässigt werden.

Bei der Auswertung werden die gemittelten Zeiten, die zum Auffinden der Gegenstände benötigt wurden, verglichen. Für jeden Probanden ergeben sich daraus zwei Zeiten: die Zeit mit der Unterstützung des Systems und die Zeit der selbstständigen Suche des Probanden.

## 2. Beschleunigung des Erkennens von neuen Gegenständen in einer bekannten Umgebung

Um herauszufinden ob diese Hypothese vom System erfüllt wird, soll ein Testlauf durchgeführt werden: Im Test muss der Proband einen neuen, nicht näher bekannten Gegenstand in der näheren Umgebung erkennen. Der Gegenstand muss nicht zwingend erreicht werden. Dieser Test wird mit Hilfe des entwickelten Systems durchgeführt. Gemessen wird die Zeit von Beginn des Testlaufs bis zum Erkennen des Gegenstands durch verbale Rückmeldung des Probanden. Es sollte eine maximale Zeit geben, nach der der neue Gegenstand als nicht wahrgenommen gilt.

Die Gegenstände werden im Versuch an unterschiedlichen Orten platziert, damit für die Probanden beim Erkennen weiterer Gegenstände in späteren Testläufen kein zeitlicher Vorteil gegenüber ersten Testläufen entsteht. Wenn der Gegenstand in der Umgebung platziert wird, sollten pro Proband mehrere verschiedene Orte ausgewählt werden; zum Beispiel fünf verschiedene Orte: rechts, links, vor, hinter und über dem Probanden. Dadurch können in der Auswertung die vom Probanden benötigten Zeiten zum Erkennen eines Gegenstands gemittelt werden. Probanden suchen Gegenstände in bestimmten Bereichen, wie zum Beispiel durch Abtasten des Bodens mit den Füßen oder das Erkunden des Raumes in Höhe des Oberkörpers mit den Armen. Diese Eigenheiten der Probanden können durch Mitteln und Normieren der gemessenen Zeiten vernachlässigt werden.

Bei der Auswertung kann pro Proband eine gemittelte Zeit für das Erkennen eines Gegenstands mit dem System und eine Zeit ohne die Unterstützung des Systems errechnet werden.

### 3. Benutzerfreundlichkeit des Systems

Ist das System trotz der Belegung einer Hand und der Konzentration auf die Audioausgaben verständlich und zu bedienen? Zu dieser Fragestellung sollte es zwei Testläufe geben, deren Daten verglichen werden können. Hier kann getestet werden ob Probanden mit dem System ohne Anleitung umgehen können. Von welchen Probanden wurden welche Funktionen benutzt und wie häufig.

### 4. Verbesserung der Orientierung sehbehinderter Menschen durch das System

Probanden sollen an eine Stelle im Raum gestellt oder gesetzt werden und sich mit Hilfe des Systems „umschauen“. Dann sollen Sie ihre Position im Raum beschreiben. Mit Hilfe einer Liste der tatsächlichen Anzahl der Gegenstände im Raum und ihrer Abstände kann pro Gegenstand ermittelt werden, ob die Entfernung und die Richtung zur Person stimmen.

Als Vergleichstest kann ein Proband aufgefordert werden, eine Umgebung selbstständig zu erforschen. Es existieren wie im Abschnitt zur Literaturrecherche im Kapitel 2 bereits erwähnt zwei Möglichkeiten für sehbehinderte Menschen eine unbekannte Umgebung ohne fremde Hilfe zu erkunden: (Mioduser, 2002) 1. Der Raum wird mit ständigem Kontakt zur Wand erkundet. Das Innere des Raums wird erst einmal vernachlässigt oder versucht mit den Armen zu erreichen. 2. Die andere Methode ist es geradeaus zu gehen bis der Teilnehmer auf ein Hindernis stößt. Dann dreht er sich um 90 Grad nach rechts und geht wieder geradeaus bis zum nächsten Hindernis, danach dreht er sich wieder um 90 Grad nach links, geht wieder geradeaus und so weiter.

Nachdem die Probanden den Raum völlig selbstständig erforscht haben, können die aus beiden Tests gewonnenen Übereinstimmungen der Beschreibungen der Probanden mit den abgemessenen Standorten der Gegenstände verglichen werden. Das könnte zum Beispiel mit einem validierten Fragebogen über die Umgebung bewerkstelligt werden?

## **Praktische Evaluation des Forschungsdesigns**

Bei der Evaluation wurde angestrebt, je zwei Tests der ersten beiden Hypothesen durchzuführen. Der Proband war der bereits interviewte sehbehinderte Mensch Herr K. (siehe Interviewprotokoll 5). Die maximale Zeit pro Test wurde auf 5 Minuten begrenzt. Die Testumgebung war das Büro des Probanden, also eine ihm sehr gut bekannte Umgebung. Das System wurde kurz erklärt, aber nicht vor dem Test vom Benutzer und in der Testumgebung ausprobiert. Alle Audioausgaben wurden in Zimmerlautstärke ausgegeben und irritierende Ausgaben mündlich kommentiert.

### **Ablauf des Evaluationstestlaufs**

Die Tests zur ersten Hypothese sollen herausfinden, ob ein Gegenstand mit Hilfe des Systems schneller gefunden werden kann als ohne das System. Der Gegenstand war ein selbst stehender DIN A4 Hefter, der mit einem Marker beklebt war. Er wurde auf einem Tisch im Büro platziert und wurde vom Probanden nach 35 Sekunden ohne Hilfe des Systems gefunden. Beim Ersteinsatz des Systems fand der Proband den Gegenstand in einer Ecke auf dem Boden nach 3:45 Minuten.

Irritierende Audioausgaben wurden mündlich kommentiert, wenn zum Beispiel die Schatten an der Wand wie ein Marker aussahen. Die Zeit, die der Proband bis zum Schatten an der Wand brauchte lag im Bereich von 10 bis 20 Sekunden und ist dem zurück gelegten Weg des ersten Tests sehr ähnlich. Der Gegenstand auf dem Boden war ca. einen Meter weiter vom Probanden

entfernt als im ersten Test und befand sich auf einer anderen Höhe und an einem unwahrscheinlichen Ort für einen Hefter.

Die Tests für die zweite Hypothese wurden theoretisch abgehandelt, da der Proband nur neue Gegenstände in seinem Raum erkennt, wenn er etwas benutzen möchte und an dessen Stelle ein neuer Gegenstand ohne sein Wissen platziert wurde. Somit hätte die zu messende Zeit für das Erkennen eines für den Probanden unbekanntes Gegenstands, den Zeitrahmen gesprengt.

In diesem Zusammenhang würde der Proband das entwickelte System nur benutzen, wenn er tatsächlich etwas suchen würde und nicht auf Verdacht die gesamte Umgebung nach irgendwelchen Gegenständen absuchen. Ich nehme an, dass andere Probanden andere Auffassungen vertreten könnten.

## **Diskussion des Evaluationstestlaufs**

Zur Vorbereitung auf einen Test, sollte die gesamte Testumgebung einmal mit dem System auf Schatten oder andere Muster untersucht werden, die für Marker gehalten werden könnten und diese missverständlichen Muster beseitigen. Außerdem sollten alle möglichen Standorte auf ihre Auffindbarkeit überprüft werden. Der Boden ist definitiv ein Ort an dem Gegenstände weniger vermutet werden, als auf einem Tisch. Obwohl diese Interpretationen davon abhängig sind wer den Gegenstand in den Raum gebracht hat, oder ob der Benutzer zum Beispiel weiß, dass der Gegenstand auf den Boden gefallen ist.

Dem Benutzer sollte eine gewisse Eingewöhnungszeit mit dem System gegeben werden. Immerhin wird eine Hand komplett belegt, die der Benutzer ohne System zum Abtasten frei hätte. Das könnte durch eine andere Art der Eingabe, zum Beispiel per Spracheingabe oder eine an der Hand angebrachte Eingabemöglichkeit realisiert werden, sodass beide Hände zum Tasten frei gehalten werden. Die rechte Maustaste wird nur zum Wechseln in den Aufnahmemodus benutzt, welcher bei der Erkundung der Umgebung und der

Suche nach Gegenständen nicht benutzt wird. Daher könnte die Bedienung des Systems auf eine Taste reduziert werden, um Bedienungsfehler des Benutzers wie gleichzeitiges Drücken beider Tasten zu verhindern.

Der Benutzer soll sich mit unbekanntem Umgebungen vertraut machen. Diese Eingewöhnungszeit sollte für seine Orientierung unbedingt investiert werden. Sehbehinderte Menschen gehen selbstsicher auf Gegenstände, Türen, Tische und Wände zu, an die sie gewöhnt sind. Da es eine extrem große Diskrepanz im Umgang mit gewohnten und ungewohnten Umgebungen gibt, sollten die Tests einer Testreihe vollständig in bekannten oder unbekanntem Umgebungen stattfinden. Die Ergebnisse, zum Beispiel gemessene Zeiten aus Tests mit beiden Arten der Umgebungen, sollten voneinander getrennt betrachtet werden.

Die gemessenen Zeiten müssen für die Auswertung auf jeden Fall zum zurückgelegten Weg und zur Entfernung des Probanden zum zu identifizierenden Gegenstand in Beziehung gesetzt werden, um die Geschwindigkeit zu berechnen, die in der Physik als Strecke pro Zeiteinheit (siehe Formel 3) definiert wird.

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}} = v = \frac{s}{t}$$

*Formel 3*

Bereits bekannte zu suchende Gegenstände werden durch ihre Assoziationen mit bestimmten Orten, zum Beispiel: Hefter liegt im Regal oder auf dem Tisch, nicht mehr an anderen Orten, wie dem Boden, vermutet. Diese Assoziationen und daraus resultierende Blockaden können natürlich von Proband zu Proband variieren.

Alle Probanden besitzen unterschiedliche Bewegungsgeschwindigkeiten und ihr Mut, mehr oder weniger schnell in eine Richtung zu greifen, variiert ebenfalls. Deswegen müssten die Probanden in homogene oder heterogene Gruppen eingeteilt werden, um die gemessenen Zeiten miteinander vergleichen zu

können. Oder es wird berechnet mit welcher Anzahl an Probanden eine Aussage statistisch signifikant ist.

Die zweite Hypothese müsste um die Aufforderung erweitert werden, dass sich im Raum umgesehen werden sollte, oder das der komplette Raum mit Hilfe des Systems oder eben ohne erfasst werden soll, was der vierten Hypothese aber sehr nahe liegt.

## **Schlussfolgerungen für das Forschungsdesign aufgrund des Evaluationstestlaufs**

Der Proband wünscht sich, dass das System Fußgängerampeln erkennt und angeben kann ob es grün oder rot ist. Im Prinzip kann das System diese Aufgabe erfüllen. Wenn eine Marker für Ampeln festlegt wird und dann nach der Form der Ampelmännchen über dem Marker gesucht wird, könnte die Farbe der Ampelmännchen erfasst werden. Je nach Beleuchtung der Ampelsignale können aber bei starkem Sonnenlicht beide Signale als leuchtend interpretiert werden. Diese Aufgabe beinhaltet ein extrem großes Sicherheitsrisiko. Selbst wenn die Ampel grün zeigt, können Autos immer noch über den Überweg fahren. Die Zeitspanne bis es wieder rot würde, müsste gemessen werden können. Das wäre umsetzbar, indem pausenlos mit dem System die Ampel anvisiert wird. Ist das nicht möglich oder verliert man die Ampel aus dem Kamerabild, ist der sehbehinderte Mensch mitten im Straßenverkehr extrem gefährdet. Außerdem kann der sehbehinderte Menschen nicht besonders schnell über die Ampel gehen, dazu müssten die Übergänge der Ampeln mit einem extra Bodenbelag ausgestattet werden, damit die Benutzer durch schräges Laufen nicht auf die Fahrbahn geraten.

## **6 Fazit und Ausblick**

### **Derzeitige Einsatzmöglichkeiten des Systems**

Das entwickelte prototypische System kann direkt eingesetzt werden. Es gibt zahlreiche Einsatzmöglichkeiten. Im Allgemeinen könnten jegliche visuelle Anzeigen, die nicht um hör- oder spürbare barrierefreie Hinweise ergänzt wurden, mit Markern versehen werden, um von dem hier entwickelten System ausgegeben zu werden.

### **Praktische Beispiele**

Gegenstände im Raum können hörbar ausgegeben werden. Der sehbeeinträchtigte Benutzer muss sich nicht mehr alle vorhandenen Gegenstände im Raum zusammen mit ihren Standorten merken. Verlegte Gegenstände können schneller wieder entdeckt werden.

Zudem können dem sehbehinderten Menschen neue Gegenstände in einen Raum gestellt werden, ohne dass sie erklärt und vorerst befühlt werden müssen. Deswegen denke ich, dass mit meinem System die Erforschung und der Umgang mit der eigenen Umgebung von sehbehinderten Personen in Hinblick auf diszipliniertes Bewegen und Aufräumen erheblich erleichtert werden.

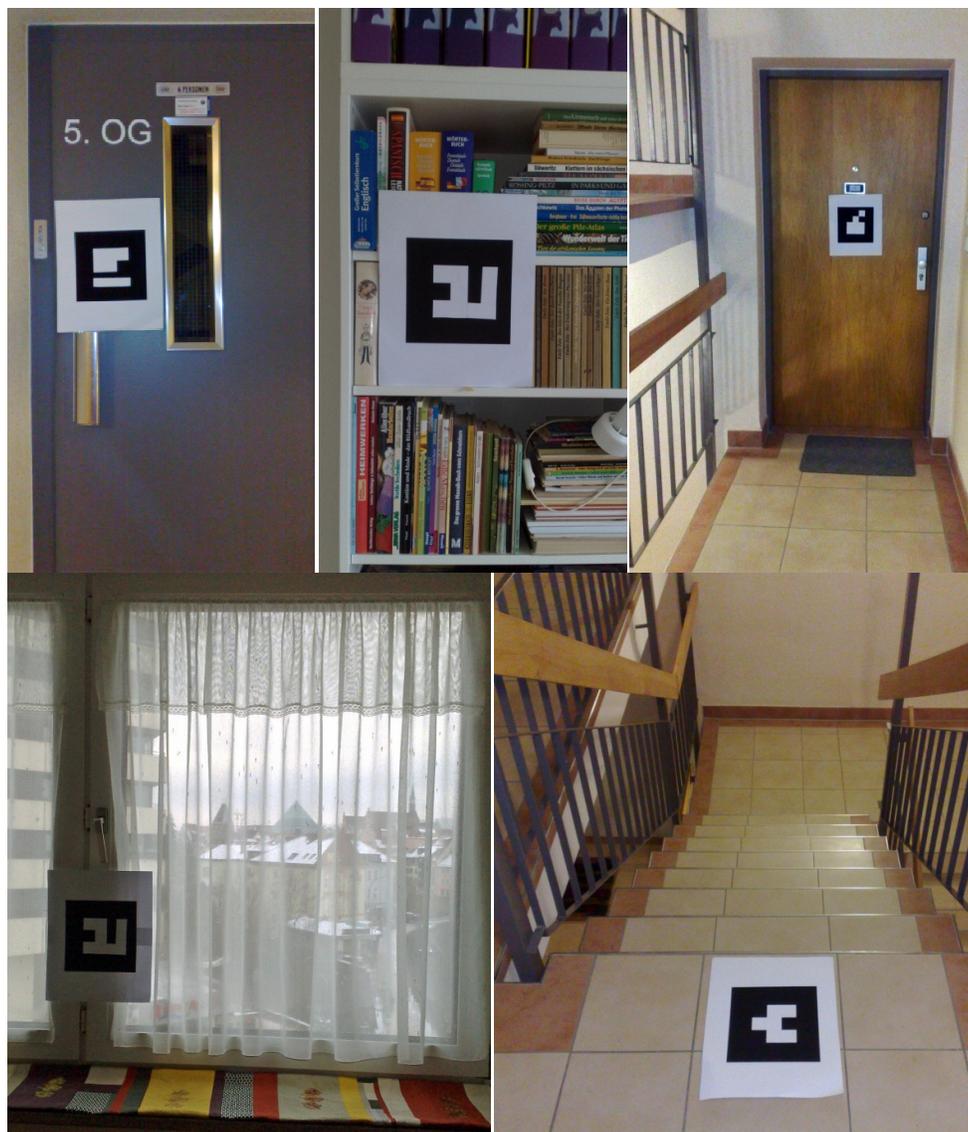
Es können Gefahren und Hindernisse erkannt und vor ihnen gewarnt werden, wie zum Beispiel Treppen, erhöhte Bordsteine oder zu umgehende Baustellen auf der Straße.

Inhalte von Schildern, wie zum Beispiel Namensschilder an Türen, Raumnummern, Namen der Mitarbeiter in einem Büro oder Funktionen von Räumen (Treppenhaus, Teeküche, Toiletten,...) können über passende Marker ausgegeben werden. Anzeigen des Vorhandenseins von Fußgängerampeln, Kreuzungen mit und ohne Fußgängerüberwege und visuelle Warnsignale

können um einen Marker ergänzt und mit entsprechenden Audioaufnahmen ausgegeben werden.

Das System wurde bisher nur in geschlossenen Räumen getestet. Es müsste für den Gebrauch auf offener Straße in Bezug auf veränderbare Lichtverhältnisse, ablenkende Umgebungsgerausche und größere Entfernungen abgestimmt werden.

Das Vorhandensein von technischen Einrichtungen, wie Aufzügen, kann ebenfalls ausgegeben werden, sowie die dazugehörigen Details, wie in diesem Beispiel die Nummer der Etage.



Anwendungseispiele

## **Ausblick**

Das System kann auf mobilen Geräten mit Kamera umgesetzt werden: Das ARToolKit ist in einer mobilen Version zum Beispiel für die Symbian Betriebssysteme und iOS erhältlich. Voraussetzungen sind hier genügend Speicher für die Marker-Daten und Audiodateien, deutliche Tonausgabe, Mikrofon und eine Kamera, deren Brennweite auf die Richtungsangaben in Form von Uhrzeiten abgestimmt werden muss.

## **Mögliche Umsetzung auf Smartphones**

Die Umsetzung des entwickelten Systems auf einem Smartphone bietet sich aus vielen Gründen an: Die meisten Smartphones besitzen eine Kamera, es gibt schon einige in Smartphones verbaute Kameras mit Weitwinkelobjektiv; sie sind mobil und stellen genügend Speicherplatz und Leistung zur Verfügung, um ein solches System ausführen zu können. Mobiltelefone verfügen im Allgemeinen über mehrere mögliche Audioausgaben, wie zum Beispiel über ein Headsets, eingebaute Lautsprecher und den Telefonlautsprecher. Desweiteren besitzen Smartphones eine Fülle von eingebauten Geräten, die Kommunikation, Datenübertragung und Orientierung in verschiedenen Varianten unterstützen.

Da Programme für Smartphones zurzeit sehr begehrt sind, wissen die meisten Nutzer bereits, wie man ein zusätzliches Programm auf dem eigenen Gerät installiert. Zudem bieten die Hersteller aller gängigen Betriebssysteme der Smartphones Entwicklungsumgebungen und Support für Programmierer auf den eigenen Seiten an, um die erstellten Programme mit zu vermarkten. Von vielen Programmen und Softwarebibliotheken gibt es bereits Versionen für den Einsatz auf mobilen Geräten. Das ARToolKit zum Beispiel existiert als mobile Variante unter dem Namen „Studierstube ES“ für die Betriebssysteme Symbian, iOS und Windows CE und Windows mobile (Schmalsteg, 2010).

Desweiteren existieren Handyverträge, die Flatrates für die mobile Internetnutzung anbieten. Selbst ohne einen solchen Vertrag sind die meisten Smartphones in der Lage eine Internetverbindung per WLAN aufzubauen. Durch den häufigen bis ständigen Internetzugriff können jederzeit Daten und Programme auf dem Gerät aktualisiert oder dazu geladen werden.

In den Interviews wurde festgestellt, dass die meisten sehbehinderten Personen bereits ein oder mehrere Smartphones besitzen. Somit wäre eine Neuanschaffung für das Testen eines solchen Systems überflüssig, was im krassen Gegensatz zu den meisten Hilfsmitteln für Blinde steht.

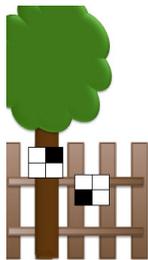


Abbildung 12 Mögliche Umsetzung auf Smartphones



Abbildung 13 Mögliche Umsetzung auf dem Nokia n95

Die Umsetzung des hier prototypisch entwickelten Systems auf einem Smartphone hat also extrem viele Vorteile und könnte auch ein Anstoß für die Hilfsmittelhersteller sein, nicht immer für jede einzelne Funktion ein neues, kostspieliges Gerät auf den Markt zu bringen.

# 7 Verzeichnisse

## Literaturverzeichnis

Adams, E. (2010). *Fundamentals of Game Design*. USA: New Riders.

Ambiera. *Irrklang*. Abgerufen am 01. November 2010 von Irrklang:  
<http://www.ambiera.com/irrklang/>

ARToolKit. Abgerufen am 01. November 2010 von  
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

Bortz, J. (2005). *Statistik: Für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Ausg.).  
Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft, TU Berlin, Fakultät V,  
Franklinstraße 28/29, 10587 Berlin: Springer Verlag.

Brewster, S. A. (August 1994). Providing a Structured Method for Integrating  
Non-Speech Audio into Human-Computer Interfaces. *Providing a Structured  
Method for Integrating Non-Speech Audio into Human-Computer Interfaces*.  
Human-Computer Interaction Group, Department of Computer Science,  
<http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen>.

Carlos Duarte, L. C. (2004). Usability Evaluation of Digital Talking Books. Dep.  
de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo  
Grande, Edifício C6, 1749-016 Lisboa.

Cariço, C. D. (2009). When You Can't Read It, Listen to It! An Audio-Visual  
Interface for Book Reading. In C. S. (Ed.), *Universal Access in HCI, Part III* (S.  
24-33). LaSIGE/Faculty of Sciences of the University of Lisbon, Edifício C6,  
Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal {cad, lmc}@di.fc.ul.pt: Springer-  
Verlag Berlin Heidelberg 2009.

Cepstral. *Ceptral*. Abgerufen am 10. August 2010 von Ceptral:  
<http://www.cepstral.com/>

Dean P. Inman, K. L. (2000). Teaching Orientation and Mobility Skills to Blind  
Children Using Computer Generated 3-D Sound Environments. *Proc.  
International Conference on Auditory Display (ICAD)*. Oregon Research  
Institute, Applied Computer Simulation Labs, 1715 Franklin Blvd., Eugene, OR  
97403, +1 541 484 2123, deani@ori.org, kenl@ori.org, aaronc@ori.org.

ETSI -The European Telecommunications Standards Institute. (2002). ETSI  
Guide - Human Factors (HF); Guidelines on the multimodality of icons,  
symbols and pictograms. ETSI, 650 Route des Lucioles, F-06921 Sophia  
Antipolis Cedex - FRANCE, Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16.

Freedom Scientific. *Freedom Scientific JAWS*. Abgerufen am 28. Januar 2011  
von <http://www.freedomsci.de/prod01.htm>

Fritz Weisshart, G. D.-I. (01. Februar 2010). *Barrierefreiheit ist kein Spiel*.  
Abgerufen am 15. Juni 2010 von Barrierefreiheit ist kein Spiel:

<http://webdesign.weisshart.de/blog/2010/02/01/barrierefreiheit-ist-kein-spiel/>

Fritz Weisshart, G. D.-I. (01. Februar 2010). *Barrierefreiheit ist kein Spiel*.

Abgerufen am 15. Juni 2010 von Barrierefreiheit ist kein Spiel:

<http://webdesign.weisshart.de/blog/2010/02/01/barrierefreiheit-ist-kein-spiel/>

Gaver. (1997). Auditory Interfaces. In M. L. Helander, *Handbook of Human-Computer Interaction* (2. Ausg., S. 1003–1041). Elsevier, Amsterdam: Elsevier, Amsterdam.

GData. *LOGOX WebSpeech 4 von G DATA*. Abgerufen am 10. August 2010 von LOGOX WebSpeech 4 von G DATA: <http://www.gdata.ch/security-labs/news/news-details/article/543-logox-webspeech-4-von-g-data.html>

Hankinson, J. C. (1999). Designing Earcons with Musical Grammars. *ACM SIGCAPH Newsletter*, 16-20.

IBM. (25. 01 2011). *EasyWebBrowsing*. Abgerufen am 25. 01 2011 von EasyWebBrowsing: [http://www-03.ibm.com/able/accessibility\\_services/EasyWebBrowsing.html](http://www-03.ibm.com/able/accessibility_services/EasyWebBrowsing.html)

IKO. (2007). *Blu-Tack® - The original re-usable adhesive by bostik*. Abgerufen am 1. Februar 2011 von <http://blu-tack.co.uk/>

KA.BEobachtung wie Blinde einen neue Umgebung erforschen.

LaSIGE, C. D. (2007). Conveying Browsing Context Through Audio on Digital Talking Books. In C. Stephanidis, *Universal Access in HCI* (Bd. 3, S. 259-268). Faculty of Sciences of the University of Lisbon, Edifício C6, Piso 3, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.

M. Angeles Espinosa, S. U. Comparing methods for introducing blind and visually impaired people to unfamiliar urban environments. Department of Developmental and Educational Psychology, Faculty of Psychology, Madrid, Department of Psychology, Glasgow Caledonian University, Glasgow G4 0BA, U.K.

Mioduser, O. L. (2002). Multisensory virtual environment for supporting blind persons' acquisition of spatial cognitive mapping, orientation, and mobility skills. (V. R. Proc. 4th Intl Conf. Disability, Hrsg.) School of Education, Tel Aviv University, Israel, Ramat Aviv, Tel Aviv, Israel.

Nuance Communications Germany GmbH. (28. Januar 2011). Nuance - Nuance TALKS. Willy-Brandt-Platz 3, 81829 München, Tel: +49 (0) 89 458 735 0, <http://www.nuance.de/talks/>.

Owasys S.L.L. (28. Januar 2011). Owasys S.L.L. - Advanced Wireless Devices. Parque Tecnológico, 207-B, E-48160 Derio, Vizcaya - Spain, Tel: +34 946 025 323 <http://www.owasys.com/>.

Papenmeier. (12. Oktober 2010). Papenmeier. Talweg 2, 58239 Schwerte, Tel: +49 2304 205-0, [info@papenmeier.de](mailto:info@papenmeier.de), <http://www.papenmeier.de/>, Deutschland.

Pressl, B. (2003). Fußgängernavigation - Navigationshilfe für Blinde. Technische Universität Graz, Institut für Navigation und Satellitengeodäsie.

Rafa Absar, C. G. (24-27. Juni 2008). USABILITY OF NON-SPEECH SOUNDS IN USER INTERFACES. *Proceedings of the 14th International Conference on Auditory Display, Paris*. CIRMMT and McGill, SIS, 3459 McTavish St., Montreal, QC H3A 1Y1, Canada.

Ralf Jung, T. S. (June 26 - 29, 2007). PERIPHERAL NOTIFICATION WITH CUSTOMIZED EMBEDDED AUDIO CUES. *Proceedings of the 13th International Conference on Auditory Display*. Montr´eal, Canada.

Reinecker Reha-Technik GmbH. (12. Oktober 2010). Reinecker Reha-Technik. Sandwiesenstraße 19, 64665 Alsbach-Hähnlein, Fon 0 62 57 / 93 11-0, info@reineckerreha.de, <http://www.reineckerreha.com/de>.

Rekimoto, J. (27. Januar 2001). GestureWrist and GesturePad: Unobtrusive Wearable Interaction Devices. Interaction Laboratory Sony Computer Science Laboratories, Inc. 3-14-13 Higashigotanda Shinagawa-ku, Tokyo 141-0022, Japan Phone: +81 3 5448 4380 Fax +81 3 5448 4273 rekimoto@acm.org <http://www.csl.sony.co.jp/person/rekimoto.html>.

Schmalsteg, D. (29. 05 2010). *Handheld Augmented Reality - Studierstube Tracker*. (Graz University of Technology) Abgerufen am 16. August 2010 von [http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld\\_ar/stbtracker.php](http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/stbtracker.php)

Seung-Chan Kim, C. H.-H.-H.-C.-S. (2008). SaLT: Small and Lightweight Tactile Display using Ultrasonic Actuators. In *17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (S. 430 bis 435).

Takayuki Iwamoto, M. T. (2008). Non-contact Method for Producing Tactile Sensation Using Airborne Ultrasound. *Lecture Notes in Computer Science* (Volume 5024/2008), S. 504 bis 513.

Verein "Engel auf Pfoten". (2010). *Willkommen beim Verein "Engel auf Pfoten"!* Abgerufen am 28. Januar 2011 von <http://www.engelaufpfoten.at/>

VISTAC GmbH für optische Messsysteme und taktile Information. (19. Oktober 2009). *VISTAC*. Abgerufen am 28. Januar 2011 von <http://www.vistac.com>

Yoshihiro Kawai, F. T. (1996). A Support System for the Visually Disabled to Recognize 3D Objects. MVA '96 IAPR Workshop on Machine Vision Applications. November. 12-14, 1996, Tokyo, Japan.

Yoshihiro KAWAI, F. T. (1998). EVALUATION OF INTERACTIVE TACTILE DISPLAY SYSTEM. Intelligent Systems Division, Electrotechnical Laboratory, Japan: Int. Conf. on Computers Helping People with Special Needs .

Yoshihiro Kawai, M. K. (2000). A Support System for Visually Impaired Persons Using Three-Dimensional Virtual Sound. (I. C. (ICCHP), Hrsg.) Electrotechnical Laboratory, 1-1-4 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-8568, Japan, Tel: +81 298 61 5951, Fax: +81 298 61 5961, E-mail: kawai@etl.go.jp and Tsukuba College of Technology, Japan.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Braillezeile .....	10
Abbildung 2 Gesture Wrist.....	10
Abbildung 3 kartenbasierte (links) und routenbasierte (rechts) Erkundungsstrategie.....	11
Abbildung 4 Taktiles System von Kawai un Tomita.....	14
Abbildung 5 auf Kappe befestigte Kamera .....	22
Abbildung 6 Mit System ausrüsten - Mock up.....	30
Abbildung 7 Bild aufnehmen - Mock up .....	30
Abbildung 8 Audioausgabe - Mock up.....	31
Abbildung 9 ARToolKit .....	41
Abbildung 10 Einteilung des Kamerabilds in Uhrzeiten .....	44
Abbildung 11 Prä-Evaluation Andreas Kampa .....	47
Abbildung 12 Mögliche Umsetzung auf Smartphones .....	66
Abbildung 13 Mögliche Umsetzung auf dem Nokia n95 .....	66

## Formelverzeichnis

Formel 2 .....	44	<i>Formel 1</i> .....	44
<i>Formel 3</i> .....	61	<i>Formel 2</i> .....	44

# 8 Anhang

## Protokolle der Interviews

### Ablauf eines Interviews

Alle fünf Teilnehmer wurden mündlich zu den Details ihrer Blindheit und zur Nutzung von Orientierungs-, Fortbewegungshilfen und des Internets befragt. Im Anschluss sollte jeder Interviewte mit möglichst wenig mündlichen Anweisungen einen Gegenstand finden, um heraus zu finden welche Information benötigt wird, bis der Teilnehmer den Gegenstand gefunden hat. Der Gegenstand sollte zusätzlich identifiziert werden. Dann wurden die Teilnehmer nach ihren Wünschen für Programme befragt.

### **Interview 1: Protokoll E.K., männlich, 51 Jahre alt, 20.5.2010**

Seit 2 Jahren ist der Befragte nach einer Reihe von Operationen vollständig erblindet. Er fühlt sich durch seine Blindheit verunsichert und kann sich nicht daran gewöhnen keine visuelle Information mehr zu bekommen.

Er benutzt folgende Geräte: analoges Telefon, Adressbuch im Handy, Uhr und Datumsansage im Handy, die Statustaste seines Handys und die Klingelton-einstellungen. Er benutzt ein Handy von Owasys (Owasys S.L.L., 2011), telefoniert aber nicht damit. Der Befragte ist nicht in der Lage auf seinem Handy oder auf der Tastatur am Computer zu schreiben. Große Tasten nimmt der Teilnehmer als angenehm wahr, während kleine Tasten schwer bis gar nicht auseinander gehalten werden können. Markierungen auf Tasten werden vom Teilnehmer nicht gefühlt. Der Befragte hält Spracheingaben für sein Handy als nicht effektiv und die Menüführung für zu lang, um sie sich im Kurzzeitgedächtnis zu behalten und bemängelt ungeordnete und nicht sortierte Audioausgaben von Listen wie Inhaltsverzeichnissen. Er wünscht sich bei allen Aus-

gaben eine manipulierbare Sortierung, die gewechselt werden kann. Während des Interviews ist ein Gegenstand (Stift) des Teilnehmers auf den Boden gefallen. Die einzige Möglichkeit den Gegenstand wieder zu finden, ist die gesamte Umgebung abzutasten, inklusive des Bodens.

Zur Orientierung in der näheren Umgebung außer haus nutzt der Teilnehmer stabil positionierte Landmarken wie Laternen und Stromkästen, die dann auf dem Weg wieder gefunden werden müssen. Diese Methode wird sehbehinderten Menschen in einem Mobilitätstraining beigebracht. Wann immer eine solche Landmarke nicht wieder gefunden werden kann, ist der Teilnehmer seiner Umgebung völlig ausgeliefert und orientierungslos. Der Benutzer müsste sich dann mit den Füßen vorantasten und hoffen, dass er nicht in den Verkehr gerät. Der Teilnehmer hat schlechte Erfahrungen mit dem Laufen am Stock gemacht und sich dabei verletzt. Aus diesem Grund ist er extrem vorsichtig und sehr langsam und geht ungern mit dem Stock vor die Tür. Der Teilnehmer wurde geschult seine Umgebung abzuhören, was besonders in der Nähe einer stark befahrenen Straße funktioniert. Der Befragte orientiert sich in neuen Umgebungen ausschließlich am Bodenbelag. Wenn andere Passanten an ihm vorbei gehen, muss er sich darauf verlassen, dass diese aufmerksam sind und ihm ausweichen, da er selbst wegen fehlender Information nicht ausweichen kann.

Der Teilnehmer wünscht sich, dass er bei der Orientierung unterstützt wird mit Entfernungsangaben und dem Ansagen von Hindernissen. Ohne Begleitung geht der Befragte nicht vor die Tür. Die Begleitung sollte immer neben ihm her laufen, um den Befragten anzuleiten. Das erfordert allerdings viel Platz, der in geschlossenen Räumen wie zum Beispiel in Supermärkten mit Passanten nicht gegeben ist. Alle Gegenstände im Haus müssen an einem bestimmten Ort stehen, damit sie gefunden werden können. Der Befragte schätzt sich selbst als nicht selbstständig ein, sich zum Beispiel zu versorgen.

Beim Essen wird dem Befragten von seiner Frau gesagt was, wo und wie viel davon auf dem Teller liegt. Sie benutzt dabei die Uhr als dem Teilnehmer be-

kannte Orientierung. Dabei fehlt ihm allerdings die Information der dritten Dimension: wie groß, wie hoch, tief und wie weit weg das Essen liegt kann der Befragte nur erraten.

Der Befragte hat den mitgebrachten Gegenstand im Test gefunden, aber nicht identifiziert. Dafür wurden andere Eigenschaften, die zu erfühlen waren sehr genau festgestellt. Information über Farbe und ihre Verteilung wird vom Befragten als unnützlich angesehen, da Farben für ihn nicht mehr existieren und er sie für keine neuen Verbindungen mit Gegenständen gebrauchen kann. Die Form eines Gegenstandes hält der Befragte für extrem wichtig, um ihn zu identifizieren. Er möchte einen neuen Gegenstand zusätzlich zur Beschreibung befühlen, um sie zu begreifen und erinnern zu können. Eine Beschreibung von Gegenständen, die der Teilnehmer nach oder während der Beschreibung selbst ertasten kann, hält er für einen zu langwierigen Prozess.

Der Teilnehmer benutzt das Internet nicht und wünscht sich für seinen PC eine Sprachausgabe. Desweiteren wünscht er sich ein System für Blinde, um die Tasten der Tastatur zu erlernen. Meinem Wissen nach gibt es beides bereits, die Betreuung von sehbehinderten Menschen scheint aber sehr aufwendig und kostspielig sein. Unbekannte Personen im Umfeld sehbehinderter Person stellen ein sehr hohes Sicherheitsrisiko dar. Der Befragte kann selbst an der Tür nicht einschätzen ob der die Tür unbekanntem Personen öffnen sollte oder nicht.

## **Interview 2: Protokoll T. N., männlich, ca. 40 Jahre alt, 26.7.2010**

Der Interviewte geht selbstständig mit Hilfe eines Blindenhundes und Stocks vor die Tür. Es existiert ein minimaler Sehrest. Er ist seit 2006 erblindet. Ein Navigationsgerät mit einer Genauigkeit von bis zu 10 Metern wird bei der Suche nach selbst gesetzten Landmarken eingesetzt. Durch diese Landmarken wird ein Weg schneller wieder

Gegenstände werden durch vorsichtiges Abtasten der Umgebung wieder gefunden. Als Grundlage der Orientierung und räumlichen Vorstellung dient die grafische Erinnerung an die Umgebung.

Der Befragte nutzt das Internet: Texte werden mit Hilfe der Braillezeile gelesen oder durch eine synthetische Stimme vorgelesen. Der Teilnehmer benutzt zwei Sprachausgabeprogrammen mit künstlichen Stimmen. Als Browser dienen Internet Explorer 7 und 8, der nur mit der Tastatur gesteuert wird. Die Registerkarten werden benutzt. Der Befragte empfindet die beiden künstlichen Stimmen „Steffi“ und „Jannik“ der Firma Pappenheimer (Papenmeier, 2010) als angenehm. Im Haushalt existiert eine Uhr mit Audioausgabe.

Test, um den mitgebrachten Gegenstand zu finden: Der Teilnehmer fand den Gegenstand mit Hilfe der Angaben von Entfernung, Höhe und den Uhrzeiten zur Bestimmung der Blickrichtung. Er würde einem Menschen, der ihn anleitet, viel schneller vertrauen als einem Programm. Die Eingewöhnungszeit hierfür wäre recht lang. Der Gegenstand wurde identifiziert. Es war eine Fernbedienung des eigenen Haushalts.

## **Interview: Protokoll Herr F., 1.8.2010**

Der Befragte hat sein Augenlicht zum größten Teil wegen einer Netzhautrückbildung (lat. Retinopathia pigmentosa) seit 1992 verloren. Es verbleibt ein Sehrest von 10% bis 15% auf 1 bis 3 Grad Sichtwinkel. Für den Teilnehmer ist die äußere Umgebung ausschlaggebend für die Orientierung. Er wird durch seinen Blindenhund seit März 2008 unterstützt. Ihm stand ein Blindenhund seit 2001 zur Verfügung. Wenn er mit dem Stock unterwegs ist, klopft er mit diesem Stock Mauern ab, um anhand des Geräuschs herauszufinden wo er sich befindet. Diese Variante mit dem Stock zu laufen, erforderte eine Trainingszeit von 60 Unterrichtsstunden. Er hat ein Mobilitätstraining für sehbehinderte Menschen absolviert, ist sehr forsch und kollidiert von Zeit zu Zeit mit Türpfosten, Glasscheiben und tief hängenden Lampen, wenn er allein unterwegs ist.

Wird der Teilnehmer durch eine Begleitperson unterstützt, kann er sich relativ langsam mit den Füßen vorantasten und Fragen zur Umgebung stellen. Dieses Szenario muss beim Erlernen von neuen Wegen mehrfach durchgeführt werden. Der Raum wird sich mit seinen Details gemerkt. Zur Untermauerung wurden der gesamte Inhalt des Raums, an dem sich der Befragte vorbeibewegt hatte und seine Lage richtig benannt.

Wenn zum Beispiel der Schlüssel herunter fällt, kann der Blindenhund den Gegenstand meistens aufheben.

Der Teilnehmer benutzt das Internet und einen eigenen Computer. Eine synthetische Stimme liest Menüs und Texte vor. Als Browser dient der Internet Explorer. Es werden keine Registerkarten benutzt. Wenn eine Navigationsleiste auf einer Internetseite zu kompliziert aufgebaut ist, wird er von seiner Familie bei der Auswahl des richtigen Links unterstützt. Der Befragte ist eher ungeduldig und möchte möglichst schnell sein Ziel erreichen. Er hat Schwierigkeiten mit dem Lesen der Braillezeile, da er sehr wenig Gefühl in den Fingern hat.

Bei dem Test wurde der verlegte Gegenstand gefunden und identifiziert. Es handelte sich um eine Tasse. Der Teilnehmer wünscht sich eine Entfernungsangabe mit einer Genauigkeit von 5 Zentimetern. Die Entfernungsangabe sollte wie ein Echolot funktionieren und immer heller klingen je näher das Gerät einem Gegenstand kommt. Auch die Angabe der Höhe wird als wichtig eingestuft. Außerdem wünscht sich der Befragte Warnhinweise vor Hindernissen wie Stufen nach oben oder nach unten oder das Hinweisen auf Warnschilder vor Baustellen oder Kreuzungen im Straßenverkehr. Er würde einer Applikation zur Hälfte glauben, aber Sicherheitshalber alle Daten noch einmal überprüfen. Der Befragte empfindet eine menschliche Stimme angenehmer als eine synthetische Stimme. Er kann Hintergrundgeräusche gut ausblenden.

## **Interview 4: Protokoll M.F., weiblich, 29.7.2010**

Die Befragte ist auf dem rechten Auge vollständig erblindet, auf dem linken Auge verbleiben 40% Sehrest mit einem Sichtwinkel von 3 Grad. Sie bewegt sich mit Hilfe des Stocks, durch das Ertasten des Bodens mit den Füßen und ihrem Sehrest fort. Sie fragt sich oft bei Personen in der Umgebung durch und bittet um Hilfe, wenn sie nicht weiter kommt. Die Umgebung erinnert die Befragte anhand der visuellen Informationen, die sie erfasst hat. Sie erkennt markante Gegenstände, kollidiert aber mit für sie fast nicht sichtbaren Gegenständen, wie Straßenschildern, Glastüren, Schaufenstern und anderen Personen. Die Befragte achtet bei der Orientierung auf die Geräusche der Umgebung. Ampeln muss sie mit ihrem Sehrest erkennen und dann den Bordstein nach dem Ende des Bürgersteigs abtasten. Sie hat ein Mobilitätstraining absolviert.

Bei der Aufgabe den bereit gelegten Gegenstand zu finden, wurde der gesamte Tisch sehr lange von der Teilnehmerin begutachtet, bevor der Gegenstand ohne weiteres betastet gefunden und identifiziert wurde. Nach eigenen Angaben müssen größere Gegenstände ertastet werden. Bei Fragen wird der freund hinzu gezogen. Um einen Gegenstand zu finden erachtet die Befragte die Entfernung und die Richtung, in der sich der Gegenstand befindet als besonders wichtig.

Die Befragte benutzt ihren Computer unterstützt mit einer synthetischen Sprachausgabe, die in Frequenz, Schnelligkeit, Lautstärke, Echo, Hall, Tonlage, Intonation und Akzent justiert werden kann. Sie surft im Internet mit Hilfe des Zooms und sehr großer Schrift im Internetexplorer. Sie benutzt keine Registerkarten. Der Mauszeiger ist für sie unauffindbar. Sie wünscht sich einen Computerkurs für Blinde.

Um ein Programm als Orientierungshilfe zu benutzen, müsste es für die Befragte auf einem sehr hellen Display mit starken Kontrasten dargestellt werden. Die Tasten sollten besonders groß sein, da diese schneller zu identifizieren.

ren sind. Die Teilnehmerin wünscht sich ein Menü, das per Spracheingabe gesteuert werden kann, eine kurze, prägnante Statusmeldung der relevanten Umgebung, zum Beispiel „Kreuzung“, „Fußgängerüberweg“, „Ampel“ oder „am Bahnhof“. Die Befragte empfindet eine Genauigkeit von 5 bis 10 Zentimetern bei der Entfernungsangabe als hilfreich. Die Befragte würde ein solches System nur einsetzen, nachdem die Orientierung mit dem Stock und anderen Hilfsmitteln versagt hat. Die Befragte wünschte sich eine Audioausgabe einer menschlichen Stimme.

Die Befragte wünscht sich ein Programm, das ihr Farben vorliest und sie beim Einkaufen von Kleidung in Bezug auf Farb- und Musterwahl unterstützt. Sie benutzt ein Handy von Samsung mit Sprachsteuerung. Sie benutzt besonders das Adressbuch im Gerät.

### **Interview 5: Protokoll K.K., männlich, 26.7.2010**

Der Befragte hat einen minimalen Sehrest, ist seit mehreren Jahren sehbehindert und bewegt sich mit dem Stock und einer Begleitperson. Er hat ein Mobilitätstraining absolviert und bewegt sich sicher mit dem Stock vorwärts. Wenn ihn eine Begleitperson einen neuen Weg entlang führt, muss sie markante Punkte und viele Details der Strecke mündlich weiter geben. Dieser Prozess ist sehr zeitaufwendig und je nach Begleitperson verschieden detailgetreu. Am Computer benutzt der Befragte den Screenreader Jaws, (Freedom Scientific) als Browser den Internet Explorer 8.

Der Befragte wünscht sich als Teil eines Programmes, das ihn bei der Orientierung unterstützen soll, einen allgemeinen Status, der die ganze Umgebung einmal kurz und präzise beschreibt und dessen Detailtreue in verschiedenen Stufen einstellbar sein sollte. Zum Beispiel sollten bestimmte Richtungen ausgelassen oder besonders genau beschrieben werden können. Der Status sollte beschreiben was der Benutzer gerade tut wie zum Beispiel durch eine Tür hindurch gehen oder eine Treppe herunter gehen. Der Status sollte Stellen

nennen, an denen der Benutzer abbiegen kann und die Straßenseite nennen, auf der sich der Benutzer gerade befindet.

Der Befragte würde einem Programm abhängig von der Umgebung in der er sich befindet mehr oder weniger vertrauen. In gewohnten Umgebungen würde er forscher in Richtungen gehen und nach Dingen greifen als in ungewohnten Umgebungen. Der Befragte wünscht sich genaue Entfernungs- und Höhenangaben vom Programm. Wenn nur ein Gegenstand gefunden werden sollte, kann sich der Befragte vorstellen einem Sonar mit rein akustischen Hinweisen zu folgen. Wenn mehrere Gegenstände vom System beschrieben werden sollten, möchte der Befragte die Anzahl der Gegenstände erfahren.

Der Befragte benutzt das Programm Talks (Nuance Communications Germany GmbH, 2011) auf seinem Handy n82 von Nokia, das ihm sämtlichen Text in Menüs, SMS usw. vorliest.

## **Protokolle aus der Prä-Evaluation**

### **Protokoll 1: Andreas Kampa**

Testlauf 6.1.2011 13:40 bis 13:45

**Proband:** Andreas Kampa, sehend, mit Schlafmaske Sichtfeld abgedeckt.

**Aufgabe:** Finde einen Gegenstand, der mit einem Marker gekennzeichnet ist.

**Auswertung:** Der Gegenstand wurde nicht gefunden.

Der Proband ging mit dem ersten Schritt zielstrebig auf den markierten Gegenstand zu. Danach hielt er sich in der Umgebung des Gegenstands auf. Ging aber an ihm vorbei. Auch die Angabe der Entfernung zum Probanden, half nicht weiter. Der Proband schaute auffällig immer in die gleichen Richtungen: Entweder in die Richtung des Gegenstands oder von ihm weg.

Der Proband bemängelte, dass die Uhrzeitangabe nicht korrekt sei: Das Programm gab 2 Uhr an, der Gegenstand befand sich aber auf 1 Uhr. Auch wurden Marker ausgegeben, die nicht aufgestellt wurden. Der Proband bemerkte, dass er nicht wusste wo er sich im Raum befand.

**Fazit:**

- Der Proband merkte sich wahrscheinlich nicht, wann er sich wohin gedreht hatte ohne zu laufen. Er wendete die Uhrzeitangaben dann aber auf seine umgedrehte Position an.
- Die Ausgabe sollte in Zimmerlautstärke erfolgen, damit die Testleitung bei unvorhergesehenen Ausgaben eingreifen kann.
- Die gesamte Umgebung sollte Musterfrei gestaltet sein. Alle Marker sollten so komplex oder ungewöhnlich sein, so dass sie nicht mit Teilen der Umgebung verwechselt werden können.
- Die Kamera muss fest am Probanden angebracht werden. Sie sollte nicht verrutschen.
- Sämtliche Uhrzeitangaben müssen vor einem Testlauf noch einmal verifiziert werden.

## **Protokoll 2: Angela Kampa**

Testlauf 6.1.2011 14:40 bis 14:43

**Probandin:** Angela Kampa, sehend, mit Schlafmaske Sichtfeld abgedeckt, gewohnte Umgebung.

**Aufgabe:** Finde einen Gegenstand, der mit einem Marker gekennzeichnet ist.

**Auswertung:** Der Gegenstand wurde gefunden.

Die Probandin ging zielstrebig auf den markierten Gegenstand zu. Die Probandin tastete sich an den Gegenstand heran und ergriff ihn aus der Entfernung der eigenen Armlänge.

Die Audioausgabe wurde in Zimmerlautstärke ausgegeben. Einmal wurde ein Marker erkannt, der nicht im Testfeld aufgebaut war. Einmal wurde die Uhrzeit falsch ausgegeben und verbal korrigiert.

Die Probandin verlief sich auf die erste Uhrzeitangabe und versuchte ohne erneute Abfrage nach einigen Schritten (nicht gerade, da keine Orientierung) den Gegenstand direkt zu ergreifen.

Probandin wünscht sich Entfernungsangabe in Armlänge = eigener Radius.

**Fazit:**

- Die Kappe darf nicht verrutschen.
- Die Entfernung sollte in Armlänge ausgegeben werden. Die Ausgabe in Metern wird als nicht hilfreich empfunden, da sie nicht in etwas Greifbares umgewandelt werden kann. Vielleicht zwei Modi? Armlänge und Meter. Armlänge messen und umwandeln.

**CD**