

Auf dem Weg zur Barrierefreiheit

Entwicklung von Navigations- und Informationssystemen für
Blinde, Taubblinde und Sehbehinderte





Wie kann sich eine blinde Person in großen Gebäuden orientieren, in denen sich Sehende schon verlaufen können? Woher weiß eine taubblinde Person, welchen Bus sie nehmen soll oder was auf der Speisekarte steht? Die Kombination aus genauem Kartenmaterial und erweiterten Umgebungsmodellen mit Sensoren, die an leistungsfähige, portable Computer angeschlossen sind, bietet erstmals die Möglichkeit, dass auch hochgradig und mehrfach sensorisch Behinderte in bekannten und unbekannten Umgebungen ohne fremde Hilfe navigieren und somit auf eine bisher noch nie dagewesene Weise selbständig am gesellschaftlichen Leben teilhaben können. Zur Zeit stehen sich in Deutschland gute Voraussetzungen zur Grundlagenforschung für sensorisch Behinderte und gesellschaftspolitische Bedingungen gegenüber, die eine schnelle Umsetzung zum eigentlichen Nutzen der Betroffenen erheblich behindern.

Nehmen wir an, Ihr Arzt oder Ihre Ärztin sagt Ihnen, dass Sie im Laufe der nächsten Monate erblinden werden – manche Fälle zeigen, dass es auch wesentlich schneller gehen könnte. Zugegeben, die Wahrscheinlichkeit ist nicht sehr hoch und in der Medizin hat es bahnbrechende Fortschritte, speziell in der Hirnforschung und in der Augenheilkunde, innerhalb der letzten Jahrzehnte gegeben, aber ausgeschlossen ist dieser Fall nicht. Sei es durch normale Alterungsprozesse, sei es durch eine genetisch bedingte Krankheit oder einfach durch einen Unfall, an dem Sie möglicherweise nicht einmal selbst Schuld sind.

Welche Konsequenzen würde eine solche Nachricht für Ihr Leben haben? Mit welcher finanziellen Hilfe und mit welcher Unterstützung durch die Gesellschaft könnten Sie rechnen? Könnten Sie Ihren Beruf weiter ausüben? Könnten Sie weiterhin an Ihrer bisherigen Universität studie-

ren? Ihr bevorzugtes Fach? Wie würde sich Ihre Familie verhalten? Wie würde Ihr Partner oder Ihre Partnerin darauf reagieren? Würden Ihre Freunde zu Ihnen halten? Welche liebgewonnenen Hobbies müssten Sie aufgeben? Könnten Sie überhaupt noch etwas machen, was Ihnen bisher Freude bereitet hat? Macht das Leben mit gravierenden Einschränkungen der Sinnesleistungen noch einen Sinn?

Ohne Antworten auf diese zum Teil existentiellen Fragen geben zu wollen, erscheint es hilfreich, den taubblinden Anindya Bhattacharyya zu zitieren, der auch dem hier beschriebenen Projekt schon wesentliche Impulse gegeben hat: „Wie jeder andere haben auch Taubblinde Träume eines erfüllten Lebens und der Weiterbildung. Viele Leute nehmen an, dass es ohne Seh- und Hörfähigkeit unmöglich ist, ein „normales“ Leben zu führen. Wir sollten uns daran erinnern, dass niemand ein „normales“ Leben hat oder jemals durch alles ohne Anstrengung kommt“ [BAP].

Andreas Hub ■

Auf dem Weg zur Barrierefreiheit ■

Aktuelle Situation von sensorisch Behinderten

Projektziel

Das Ziel der hier vorgestellten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist die flächendeckende Unterstützung der Navigation von Blinden, Taubblinden und hochgradig Sehbehinderten durch modellbasierte Assistenzsysteme, die weitestgehend ohne vorinstallierte Hardware auskommen sollen, um somit die eigenständige Orientierungsfähigkeit und Mobilität in möglichst vielen Bereichen zu verbessern. Ausgehend von prototypischen Assistenzsystemen, die im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 627 (Nexus) entwickelt wurden, sollen in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern aus der Hilfsmittelindustrie technische Verbesserungen vorgenommen und die Bereitstellung von Assistenzsystemen und den zugehörigen Servicediensten realisiert werden. In Kooperation mit den internationalen Blindenorganisationen soll ein Standard für Umgebungsmodelle für die globale Blindennavigation entwickelt werden, der die wichtigsten Anforderungen eines Großteils der Benutzerinnen und Benutzer abdeckt. Zum anderen sollen Kommunen, Länder und Regierungen durch die Bereitstellung und Aktualisierung von Karten und Umgebungsmodellen besser in die Unterstützung von Behinderten integriert werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der alltagstauglichen und nachhaltigen Umsetzung in den für sensorisch Behinderten wichtigsten Bereichen. Insbesondere soll auf die individuellen Anforderungen und Wünsche eingegangen werden, die aus Zeit- und Kostengründen oft nicht ausreichend berücksichtigt werden, die aber fast immer für den tatsächlichen Nutzen entscheidend sind.

Auf Dauer blind zu sein ist eine Vorstellung, die Sehenden üblicherweise äußerst schwer fällt, obwohl die erschwerten Bedingungen, die Blinde in vielen Lebensbereichen haben, den meisten aus eigener Erfahrung zumindest rudimentär bekannt sind. Ein klassisches Beispiel, das sofort einfällt, ist die problematische Situation eines Blinden beim Überqueren einer Straße. Tatsächlich gibt es aber auch in den hoch technisierten Ländern selbst für diese – fast triviale – Art von Situation nach wie vor keine zufriedenstellende flächendeckende technische Antwort, die über einzelne Insellösungen, wie zum Beispiel akustische Ampelsignale, hinausgeht. Wie aus diesem Beispiel hervorgeht, spielt die Navigation im Leben von Blinden aber eine zentrale Rolle, die zum Teil existentielle Folgen haben kann. Aber auch anhand weniger drastischer Situationen wird die wichtige Bedeutung der Orientierungsfähigkeit und der Navigation deutlich. Das Wissen um den eigenen Standort und die Option, gewünschte Zielorte erreichen zu können, vermittelt eine gewisse Sicherheit und die Möglichkeit, bekannte und neue Wege zu erkunden. Dies wiederum ermöglicht es, gesellschaftliche Kontakte zu pflegen und vermittelt schließlich auch das Gefühl von Mobilität und Freiheit, das für Blinde und Sehbehinderte genauso wichtig ist wie für Sehende, was sich beispielsweise auch im Traum vieler Blinder ausdrückt, selbst Auto fahren zu können. Die meisten Blinden wären allerdings schon mehr als zufrieden, wenn ihnen ein Assistenzsystem zur Verfügung stehen würde, das sie sowohl in Gebäuden als auch außerhalb über den aktuellen Standort informieren würde.

Bevor im weiteren Verlauf der aktuellen Stand der Forschung und der Technik sowie die eigenen Arbeiten im Rahmen des Sonderforschungsbereichs beschrieben werden, soll in den folgenden Abschnitten die allgemeine Situation von Blinden aufgezeigt werden, die letztendlich auch

den Ausschlag für die Gründung einer gemeinnützigen Organisation gegeben hat. Hierbei soll nicht der Eindruck erweckt werden, dass dadurch der Großteil der gesellschaftlichen Missstände im Umgang mit sensorisch Behinderten ohne Weiteres gelöst werden kann. Dennoch wird davon ausgegangen, dass durch die Unterstützung der Navigation von Blinden und Sehbehinderten das eine oder andere gesellschaftliche Problem zumindest für einige Betroffene entschärft werden kann. Konkret konnte zum Beispiel die Navigation des blinden Projektmitarbeiters in seinem Heimatort verbessert werden, da städtebauliche Maßnahmen sowie Änderungen in der lokalen Infrastruktur zu einer gewissen Isolation aus der zuvor guten gesellschaftlichen Integration geführt haben. Einige seiner Navigationsprobleme, die mit kommerziellen Produkten nicht beseitigt werden konnten, sind mit den neu entwickelten Methoden inzwischen behoben. So kann zum Beispiel die Orientierung und Navigation in engen Gassen und in Gebäuden ohne ausreichenden GPS-Empfang (Global Positioning System) mit der entwickelten Schritterkennungs- beziehungsweise Trackingmethode unterstützt werden.

Die allgemeine Versorgung von Blinden mit innovativen Hilfsmitteln lässt selbst in reichen Industriestaaten wie Deutschland zu wünschen übrig. In Schwellen- und Entwicklungsländern ist häufig nicht einmal die existentielle Grundversorgung sensorisch Behinderter gewährleistet, wobei es um die rechtliche Situation von Behinderten in einigen Schwellenländern besser bestellt ist als in Deutschland. In Entwicklungsländern kommt häufig eine verstärkte Isolation durch die Gesellschaft hinzu, von äußeren Einflüssen wie Kriegen oder sonstigen Bedrohungen einmal ganz abgesehen. In den Industriestaaten ist die finanzielle und allgemeine Situation von Behinderten zwar ungleich besser, obwohl sie immer noch weit entfernt ist von einer echten Chancengleichheit, angefangen von seltener schulischer Integration bis hin zu gleicher Bezahl-

lung im Berufsleben. Die Integration in die Gesellschaft und die gleichberechtigte Teilnahme am gesellschaftlichen Leben lässt insbesondere in Deutschland sehr viel Raum für Verbesserungen. Hierzulande wissen viele nicht, wie sie mit behinderten Menschen und Behinderungen allgemein umgehen sollen, selbst wenn guter Wille vorhanden ist, was nach Aussage von Betroffenen allerdings nicht die Regel, sondern eher die Ausnahme ist, zum Beispiel das richtige Begleiten von Blinden beim Überqueren großer Kreuzungen.

In vielen Fällen werden Behinderte zusätzlich zu ihrer eigentlichen Behinderung auch durch staatliche Behörden und die Gesellschaft behindert und es wird ihnen die eigenständige Entscheidungsfreiheit in Fällen genommen, in denen dies nicht notwendig wäre. Beispielsweise ist es sehr fragwürdig, dass Blinde in ihren offiziellen Unterlagen zu Wahlen erfahren müssen, dass sie des Lesens und Schreibens nicht mächtig sind und daher auf Hilfspersonen angewiesen sind, obwohl sie in Brailleschrift und mündlich oft mehrere Sprachen beherrschen. In Zeiten allgegenwärtiger Computer ist dies für einen Staat wie Deutschland ein bedenklicher Zustand, der aber zugleich leider nicht ungewöhnlich für den nicht angemessenen Umgang von staatlichen Behörden mit Behinderten ist. Im Gegensatz zu manchen anderen Ländern, zum Beispiel Schweden oder die Niederlande, ist die staatliche Hilfe für Behinderte in Deutschland oft nur auf eine in den letzten Jahren abnehmende finanzielle Unterstützung reduziert, die zwar eine gewisse Hilfestellung bedeutet, die aber für die Betroffenen selbst nur von geringerem Nutzen ist und die eigentlichen Probleme der Abhängigkeit von Hilfspersonen und der gesellschaftlichen Isolation nicht löst. Der Umgang von deutschen Behörden mit Behinderten ist nach Aussagen von Betroffenen häufig herablassend und die Beantragung finanzieller Unterstützung wird von den Antragstellern meist als Bettelei erlebt und führt dazu, dass viele Hilfsmittel aus eigener Kasse bezahlt wer-

den, obwohl sie ihnen von Rechts wegen kostenlos bereitgestellt werden müssten.

Nach Aussagen von vielen Blinden und führenden Personen, die im Hilfsmittelbereich tätig sind, ist das Vereins- und Organisationswesen der Blinden- und Sehbehinderten in Deutschland geprägt von chronischem Geldmangel, langen vereinsüblichen Entscheidungsprozessen und von ehrenamtlichen Mitarbeitern, die nicht zwangsläufig über das notwendige Durchsetzungsvermögen für politische Einflussnahmen oder für die Einführung von innovativen Produkten und Serviceleistungen verfügen, wobei es auch unter ihnen bemerkenswerte Ausnahmen gibt. Es gibt zwar diverse Strukturen, die beispielsweise die Bereitstellung von Braillezeilen am Arbeitsplatz ermöglichen, der Aufwand für die Betroffenen, die Geräte und die technische Einweisung über öffentliche Kostenträger zu erhalten, ist aber vor allem in Anbetracht ihrer Behinderung sehr hoch und die Kostenproblematik des deutschen Sozialsystems bringt es mit sich, dass die Hilfsmittel oft erst nach monatelanger, manchmal sogar jahrelanger Wartezeit zur Verfügung stehen, wenn die Geräte zum Teil schon wieder veraltet sind. Unangebracht ist in diesem Zusammenhang auch die Haltung von einigen Krankenkassen, die aus Prinzip jeden Antrag nach einem Hilfsmittel zunächst einmal ablehnen und erst nach langen Begründungsphasen über die Finanzierung von Hilfsmitteln entschieden wird, deren Eignung dann von den Kassen auch meist nur über den geringst möglichen Preis definiert wird. Vor dem Hintergrund der enormen psychischen Belastung für die Betroffenen, die vor allem in der Phase der Erblindung von berechtigten Ängsten des Arbeitsplatzverlustes, der sozialen Ausgrenzung und oft auch von existentiellen Ängsten und Fragestellungen begleitet wird, ist ein solches Verhalten von öffentlichen Institutionen nicht akzeptabel.

Nicht zuletzt sind leider auch die durchaus zahlreichen und aufwändigen internationalen Bemühungen in Forschungs- und Transferprojekten

oft nicht darauf ausgelegt, die Umsetzung bis hin zum Produkt oder zum Servicedienst und damit dem eigentlichen Nutzen für Behinderte erfolgreich zu bewältigen. Dabei sind die Gründe vielschichtig und reichen von der zu späten Einbeziehung von geeigneten Versuchspersonen, einer zu einseitigen Forschungs- und Technikfaszination der Projektleiter und Entwickler, unverhältnismäßigem Verwaltungs- und Koordinationsaufwand bis hin zur mangelhaften Finanzierung und völliger Fehleinschätzung der Absatzzahlen, die in den meisten Fällen zu einem unbefriedigenden Ende der Projekte führt, ohne je auch nur einem blinden oder sehbehinderten Menschen genutzt zu haben.

In einem reichen Staat wie Deutschland sollte es im Zeitalter von Gleichstellungsgesetzen, UN-Konventionen zur Barrierefreiheit und leistungsfähigen mobilen Rechnern möglich sein, für einen geringen Prozentsatz der Bevölkerung eine umfassende Versorgung mit innovativen Hilfsprodukten und Servicediensten unabhängig vom Einkommen der Personen zeitnah zu gewährleisten.

Erreichbarkeit der Betroffenen

In Deutschland leben nach Schätzungen des Deutschen Blinden- und Sehbehindertenverbands (DBSV) 155.000 blinde und 500.000 hochgradig sehbehinderte Menschen. Weltweit wird von etwa 40 Millionen Blinden ausgegangen und – je nach Definition von Sehbehinderung – drei bis fünf Mal soviel hochgradig Sehbehinderten, wobei 90 Prozent davon in Entwicklungsländern leben.

Diese Zahlen sollten nicht zu dem Gedanken verleiten, dass wenigstens in den Industriestaaten ein großer Prozentsatz der Betroffenen mit neuen Produkten erreicht werden könnte. Auch hier muss davon ausgegangen werden, dass ein Produkt, welches ein paar hundert Mal verkauft wurde, bereits zu den erfolgreicheren Produkten zählt. Die Firma Papenmeier, die den GPS-Trekker des Herstellers Humanware in Deutschland vertreibt, geht beispielsweise davon aus, dass sie mit ihrem Produkt in Deutschland etwa 400 Personen erreichen kann. Seit seiner Einführung vor fünf Jahren wurde der Trekker gerade einhundert Mal verkauft, und obwohl der Trekker nur mit einer notwendigen, aber sehr teuren Einführung verkauft wird, trägt sich dieses Produkt noch nicht. Die geringen Verkaufszahlen hängen auch damit zusammen, dass der Trekker aufgrund seiner Benutzeroberfläche nur für Personen mit hoher Technikaffinität verwendbar ist und ein hohes Maß an Vorwissen über die Funktionsweise und die Bedienung voraussetzt, die selbst erfahrene Nutzer von komplizierten Hilfsmitteln schon an die Grenzen der Geduld gebracht hat. Auch wenn bei diesem Produkt vieles besser hätte gemacht werden können, so zeigt dieses Beispiel doch auch, dass beim Hilfsmittelmarkt für Blinde nicht mit den üblichen Zeiten für die Produkteinführung ausgegangen werden darf, die für Produkte für Sehende gelten. Realistisch betrachtet wird eine Versorgung eines großen Teils der in Entwicklungsländern lebenden Blinden und Sehbehinderten mit –

für dortige Verhältnisse sehr teuren – Hilfsmitteln nicht möglich sein. Dennoch ist es das Ziel dieses Projekts, Assistenzsysteme technisch so zu gestalten, dass sie auch und gerade in Entwicklungsländern eingesetzt werden können, in welchen dies machbar ist. Eines der größten Probleme im Hilfsmittelsektor ist, wie im obigen Beispiel zu erkennen ist und wie auch aus den Aussagen anderer Hilfsmittelhersteller hervorgeht, die Marktgröße, die im Vergleich zu anderen Produkten, die von allen genutzt werden können, sehr klein ist. Durch eine Ausdehnung in die Entwicklungsländer könnten Stückzahlen signifikant erhöht und Preise erheblich reduziert werden. Geeignete Finanzierungsmöglichkeiten speziell für Projekte in Entwicklungs- und Schwellenländern zu finden ist daher eine zwangsläufige langfristige Aufgabe.

Eine sichere, selbstbestimmte Navigation von Blinden in unbekannten Umgebungen und damit die gleichberechtigte Teilnahme am gesellschaftlichen Leben, wie sie auch in den Gleichstellungsgesetzen gefordert wird, ist ohne genaues Kartenmaterial beziehungsweise erweiterte Umgebungsmodelle und zugehörige Navigationsgeräte nicht möglich. Die Erstellung des Kartenmaterials, bei dem nach Möglichkeit sowohl jeder Quadratmeter in den für Blinden relevanten Gebäuden als auch außerhalb mit Textinformation versehen sein sollte, ist auch für die in Frage kom-

menden Hilfsmittelhersteller nicht finanzierbar. Kommerzielle Navigationssysteme für Blinde, wie der GPS-Trekker von Humanware, die Kartenmaterial verwenden, das ursprünglich für die Autonavigation angefertigt wurde, sind nach eigenen Untersuchungen mit blinden Testpersonen für die Orientierungs- und Navigationsunterstützung nur sehr bedingt geeignet. Sie erleichtern Blinden zwar die Benutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln und die grobe Navigation in Städten, eine präzise Navigation in allen Bereichen ist mit ihnen aber nicht möglich.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass es im Hilfsmittelbereich für Blinde und hochgradig Sehbehinderte in Deutschland, aber auch weltweit an Strukturen mangelt, die eine erfolgreiche Umsetzung von innovativen Ideen hin zu Produkten ermöglichen.

Stand der Forschung und der Technik

Da der aktuelle Stand der Forschung und der Technik noch nicht zu Lösungen geführt hat, die den Anforderungen und Wünschen vieler Blinder und Sehbehinderter entsprechen, soll hier zunächst eine kurze Zusammenfassung dieser Anforderungen und Wünsche erfolgen, bevor im weiteren Verlauf der aktuelle Stand anhand exemplarischer Projekte und Systeme vorgestellt werden.

Sensorisch Behinderte hoffen auf einen Zugewinn an Mobilität und Selbständigkeit.

Wie aus zahlreichen Gesprächen mit sensorisch Behinderten, Mobilitätslehrern und Verantwortlichen von Blinden- und Taubblindenorganisationen hervorging, entspricht die zentrale Idee des Sonderforschungsbereichs 627, eine offene Plattform zu entwickeln, über die Umgebungsmodelle und kontextbasierte Informationen abgefragt, ausgetauscht und bereitgestellt werden können, genau den Anforderungen und Wünschen sowohl der einzelnen Betroffenen als auch der betreuenden Personen und Institutionen entsprechend. Dabei erhoffen sich sensorisch Behinderte vor allem einen Zugewinn an Mobilität und verbesserte Kommunikationsmöglichkeiten, während auf Betreuerseite nicht zuletzt auch eine Verbesserung ihrer eigenen Arbeitsbedingungen erwartet wird, indem sie zum Beispiel über ein mobiles Endgerät auf Notfallsituationen hingewiesen werden.

Auch die zentrale Idee der Kombination von lokal mitgeführten Sensoren und Umgebungsmodellen, die dem Teilprojekt D2 zugrunde liegt, ist sowohl bei den zukünftigen Anwendern als auch bei deren Betreuern auf großes Interesse gestoßen, da durch diese Kombination kontextbasierte Informationen über die Umgebungsmodelle, unter Berücksichtigung aktueller Änderungen in der Umgebung, bereitgestellt werden können. Dabei werden von Blinden und Sehbehinderten vor allem genaue Karten mit (tages-)aktuellen erweiterten Informationen sowie technische Möglichkeiten zur Personen- und Hinderniserkennung erwartet.

Das Teilprojekt D2 wurde im Juni 2007 vor dem FIT-Ausschuss (Gemeinsamer Fachausschuss für Informations- und Telekommunikationssysteme der Blinden- und Sehbehindertenselbsthilfe in Deutschland) des DBSV vorgestellt und ist dort, wie auch zuvor schon auf internationalen Konferenzen, auf großes Interesse gestoßen. Der Ausschuss wurde darauf aufmerksam gemacht, dass es zur Zeit keine adäquaten Standards für Karten von Navigationssystemen für Blinde gibt, die sowohl für die Indoor- als auch für die Outdoor-Navi-

Die Berücksichtigung aktueller Änderungen der Umgebung erfordert genaues Kartenmaterial.

gation verwendet werden können. Dies hat dazu geführt, dass zusammen mit dem D2-Projekt die wichtigsten anderen Projekte in diesem Forschungsbereich aus dem deutschsprachigen Raum zu einer Fachtagung des DBSV in Berlin zum Thema: „Weitersehen, drinnen und draußen, Chancen und Herausforderungen von Navigationssystemen für Blinde und hochgradig Sehbehinderte“ eingeladen wurden.

Als ein Teilergebnis dieser Tagung ging hervor, dass sich blinde und sehbehinderte Menschen ein multifunktionales mobiles Endgerät – am besten mit integriertem Handy – wünschen. Des Weiteren ergab sich, dass die zentrale Idee des Sonderforschungsbereichs 627 und die D2-Prototypen den Wünschen vieler Blinder sehr nahe kommen und sich auch prototypisch bald realisieren lassen werden, sofern entsprechende Karten zur Verfügung stehen. In einigen Punkten übertrifft das entwickelte TANIA-System (Tactile Acoustical Navigation and Information Assistant) auch schon die Erwartungen (Integration beliebiger erweiterter Informationen, taktile Erkundungsmöglichkeit zur Unterstützung des räumlichen Vorstellungsvermögens, Braillezeilenintegration vor allem für die mobile Kommunikationsmöglichkeit für Taubblinde – aber auch für die diskrete Nutzung des Systems). Der im Rahmen des D2-Projektes entwickelte Prototyp mit integrierter Stereokamera geht mit den interaktiven

Trackingmöglichkeiten von mobilen Objekten und Personen hier bereits über die Erwartungen hinaus. Im Rahmen der Fachtagung wurden außer dem D2-Projekt unter anderem folgende wesentliche Forschungsprojekte und Produkte vorgestellt.

Der GPS-Trekker von Humanware ist der Pionier unter den Outdoor-Navigationsprojekten für Blinde. Er ist zwar kommerziell bereits erhältlich, tatsächlich befindet er sich aber eher in einem fortgeschrittenen Prototypstadium, das durch die kontinuierliche Anpassung an die Nutzerwünsche laufend verbessert wird. Mit ihm ist die Navigation in Bereichen mit ausreichenden GPS-Signalstärken möglich. Es lassen sich über Audio-Files mit Ortsbezug markante Punkte setzen, die für eine Routenplanung verwendet werden können, das heißt, der blinde Benutzer muss zuerst einmal eine Strecke abgelaufen

sein (üblicherweise mit einer sehenden Person) und markante Punkte gesetzt haben, um sie für eine Routenplanung und die eigentliche Navigation entlang dieser Punkte einsetzen zu können. Sobald der Benutzer in die Nähe eines markanten Punktes kommt, wird ihm dies akustisch mitgeteilt („Markanter Punkt in der Nähe“). Das tatsächliche Auffinden von markanten Punkten ist dann aufgrund der Ungenauigkeit von GPS im Bereich von etwa einem bis 15 Meter eine Frage der Signalqualität (die unter anderem vom Wetter abhängt), der Ortskenntnis, des Zufalls und der Geduld. Der Trekker verfügt über verschiedene Modi. Im virtuellen Modus können Routen von zu Hause geplant und markante Punkte editiert werden. Im Fußgängermodus wird der blinde Benutzer beim Gehen durch Informationen über Kreuzungen, Straßennamen und Navigationshinweise unterstützt, wie sie aus der Fahrzeugnavigation bekannt sind. Der Trekker verwendet auch dieselben Karten, wie sie in der Fahrzeugnavigation eingesetzt werden. Der Mangel an Details dieser Karten zusammen mit der GPS-Ungenauigkeit setzt ein entsprechendes Bewusstsein der Benutzer über diese gravierenden Messfehler und Kartenmängel voraus. Schließlich können im Fahrzeugmodus auch die für Autofahrer üblichen Informationen mitgeteilt werden, was zum Beispiel das Aussteigen an der richtigen Bushaltestelle sehr erleichtern kann, falls keine oder nur unverständliche Information durch automatische Ansagen oder den Busfahrer zur Verfügung

stehen. Der Trekker besteht aus einem GPS-Sensor, einem Lautsprecher und einem konventionellen PDA (Personal Digital Assistant) mit einer speziellen Tastenoberfläche über dem Touchscreen, dessen Tasten den schnellen Zugriff auf Systeminformationen erlauben, die sonst über die normalen PDA-Tasten durch eine zeitaufwändige Suche in Untermenüs ausgewählt werden müssten [Trekker].

Der Trekker und auch die vergleichbaren anderen reinen GPS-Systeme der Sendero Group [Sendero] und von Freedom Scientific [FrScie] sind zweifelloso ein Schritt in die richtige Richtung, die von den meisten Blinden und Sehbehinderten herbeigesehnt wird. Die Kombination aus ungenauem Kartenmaterial zusammen mit der systemimmanenten GPS-Ungenauigkeit führen jedoch dazu, dass die Nutzung der Geräte nur den Personen vorbehalten bleibt, die zum einen im Umgang mit technischen Geräten versiert sind und sich zum andern auch ohne diese Geräte gut zurecht finden, wobei diese Geräte dennoch auch in diesem Personenkreis dazu beigetragen haben, die Mobilität auf größere Bereiche auszudehnen. In Gebäuden und Häuserschluchten versagen diese Geräte ihren Dienst oder verursachen fehlerhafte Positionsangaben, die im Zweifelsfall mehr schaden als keine Angaben, da sich der Benutzer möglicherweise an einem sicheren Ort wähnt.

Vor allem bei den jungen, sehr mobilen und technisch versierten Blinden und Sehbehinderten finden inzwischen auch die Orientierungs- und Leitmöglichkeiten durch Mobiltelefone großen Zuspruch, da sie, auf bestehender Technologie aufbauend, eine äußerst einfache Lösung bieten, sich außerhalb von Gebäuden auch in unbekannten Umgebungen mit ausreichender GPS-Abdeckung zu orientieren. Derzeit existieren sowohl kostenlose Anwendungen wie „Loadstone“ [LST], aber auch kommerzielle Produkte wie „Way-Finder Access“ [WFA]. Sie basieren auf Standardanwendungen des Handymarkts und sind mittels Handy-Screenreader be-

reits jetzt für blinde und sehbehinderte Anwender nutzbar. Es lassen sich markante Punkte erzeugen beziehungsweise von anderen Nutzern bereits gesetzte Punkte herunterladen. Durch Vergleich der aktuellen Position mit den markanten Punkten erfährt der blinde Benutzer, in welcher Himmelsrichtung sich die entsprechenden (Ziel-)Punkte befinden. Voraussetzung für die erfolgreiche Nutzung dieser Systeme ist nach Aussagen blinder Anwender allerdings eine Mobilität, die auch großen Umwegen gewachsen ist, wenn beispielsweise in Großstädten mit engen Häuserschluchten über lange Zeit kein GPS verfügbar ist.

Das Projekt „TAS“ der Universität Ilmenau ist ein touristisches Assistenz-/Navigationssystem, das blinden und sehbehinderten Menschen ermöglicht, mit mobilen Endgeräten Textinformationen über lokale oder auch überregionale Infrastruktur abzurufen. So kann zum Beispiel über Handy auf barrierefreie Einrichtungen oder touristische Attraktionen aufmerksam gemacht werden [TAS]. An der TU Dresden werden Methoden zur personalisierten Routenberechnung entwickelt [VW07], wobei auch die Bodenbeschaffenheit in die Routenplanung mit eingehen soll. Wie im D2-Projekt wird hierfür sehr genaues Kartenmaterial benötigt, das zur Zeit in aufwändiger Eigenleistung erstellt werden muss.

Von einer Arbeitsgruppe bei C-LAB Siemens wird ein Navigationsgürtel mit sechs Vibrationselementen entwickelt, die gleichmäßig um den Körper verteilt sind. Die empfohlene Laufrichtungen wird durch Vibration von einem oder mehreren Elementen an den Benutzer übermittelt. Ein Vorteil dieses Systems ist, dass der Benutzer nicht durch akustische Navigationshinweise, zum Beispiel von den wichtigen Geräuschen im Straßenverkehr, abgelenkt wird. Andererseits ist zu erwarten, dass dieses System aufgrund der etwas lästigen Anbringung am Körper nur für einen kleinen Benutzerkreis interessant sein wird.

Das Ziel des EU-Projekts CASBLIP (Cognitive Aid System for the Blind

People) ist die Entwicklung eines kognitiven Systems für Blinde und Sehbehinderte, das Umgebungsinformationen verschiedener Sensoren verarbeiten und interpretieren kann. Dabei soll durch aufbereitete Bilder und akustische Karten die Unabhängigkeit und Mobilität verbessert werden. Zusätzlich zur unabhängigen Navigation für Blinde und Sehbehinderte soll mit diesem System auch eine Hinderniserkennung ermöglicht werden. Wie im Sonderforschungsbereich Nexus soll auch in diesem Projekt eine offene Plattform entwickelt werden [Casbclip].

Auch das EU-finanzierte Projekt „ASK-IT“ (Ambient Intelligence System of Agents for Knowledge-based and Integrated Services for Mobility Impaired Users) hat ähnliche Ziele wie Nexus beziehungsweise das D2-Projekt. Das von der Europäischen Union geförderte Projekt, das aus einem großen Konsortium besteht, bei dem namhafte Firmen und Behindertenorganisationen beteiligt sind, hat sich ebenfalls die Entwicklung einer offenen Plattform zum Ziel gesetzt, über die Behinderte durch Service-dienste unterstützt werden sollen. Aus der Präsentation der bisherigen Ergebnisse im Rahmen der Fachtagung ging allerdings hervor, dass aufgrund des großen Verwaltungs- und Koordinationsaufwands die Zeitpläne von mehreren Projektpartnern nicht eingehalten werden konnten und die Erreichung aller technischen Ziele bis zum Ende der Projektlaufzeit fraglich ist [ASK-IT].

Das „Nav4Blind“-Projekt aus der Stadt Soest beruht auf der Idee, über Client-Server Lösungen Blinde und Sehbehinderte flächendeckend in einem 30 bis 50 Zentimeter breiten virtuellen Leitkorridor auf den Zentimeter genau zu führen [Nav4blind]. Wie dieses Ziel im Detail erreicht werden soll, ist bisher allerdings noch nicht genau geklärt. Als Sensoren sollen verschiedene Systeme von Satellitennavigation, über Kameras, bis hin zu RFID-Tags verwendet werden. In der Realität vorhanden sind in diesem Projekt bisher keine einsatzfähigen Prototypen, sondern ausschließlich die Karten und Umge-

RFID-Tags erleichtern das Sortieren und Auffinden von beliebigen Objekten.

bungsmodelle der Ludwig und Schwefer GmbH, die mit Hilfe des Eagle-Eye-Messtransporters erzeugt wurden, mit dem sich bis zu 70 Kilometer Straße am Tag kartieren beziehungsweise modellieren lassen [EagleEye].

Die Projekte PONTES (Positionierung und Navigation sehbehinderter Personen in städtischen Umgebungen) und ODILIA (Mobilität blinder Personen durch benutzerorientierte Information und satellitengestützte Navigation) der Technischen Universität Graz befassten beziehungsweise befassen sich mit der Entwicklung eines Fußgängernavigationssystems für blinde Personen [Pontes, Odilia]. Wie auch beim TANIA-System werden hierfür die Satellitennavigation und Inertialsensoren verwendet, die das Zählen von Schritten ermöglichen. Hierbei wird allerdings von einer konstanten Schrittlänge ausgegangen, was nach den Erfahrungen im D2-Projekt zu erheblichen Fehlern führt.

Die Schweizer Bones GmbH hat ein System namens PAVIP (Personal Assistant for Visually Impaired People) entwickelt, das sich zum einen zum Suchen von Objekten eignet und zum anderen die akustische Abfrage von Navigationsinformationen in öffentlichen Verkehrsmitteln ermöglicht, sofern diese mit entsprechenden Fahrgastsystemen ausgestattet sind [Pavip].

Die Firma Dräger und Lienert hat mit ihrem System „Tag it Guide“ die

RFID-Technologie für Leitsysteme für Innenräume ausgedehnt [Tag-it]. Außerdem können die RFID-Tags auch an beliebigen Objekten angebracht werden, so dass zum Beispiel das Auffinden von Medikamenten oder das Sortieren von CDs inklusive Inhaltsbeschreibung erleichtert wird. Es wurden Pläne und tastbare Karten mit RFID-Tags angefertigt, die bei Annäherung mit einem Tag-Reader identifiziert und zur akustischen Beschreibung von Raumbereichen verwendet werden können. RFID-Tags, die dieselbe Information kodieren, werden dann auch in Räumen angebracht, so dass sich blinde oder sehbehinderte Benutzer sowohl anhand der Karten als auch in Realität orientieren können. Um eine Überschneidung der Empfangsbereiche zu vermeiden, werden kurzreichweitige Tags verwendet (Zentimeter- bis Dezimeterbereich). Eine flächendeckende Führung von Blinden in großen Gebäuden ist daher mit erheblichem Installations- und Kodierungsaufwand verbunden.

und bringen so ein gewisses Restsehvermögen zurück, das aber aufgrund der bisher geringen Auflösung der Chips mit einem normalen Sehvermögen nicht viel zu tun hat und mit einem heiklen operativen Eingriff verbunden ist. Die beeindruckenden Fortschritte in diesem Bereich sollten aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass diese Implantate nur bei bestimmten (Augen-)Krankheiten eingesetzt werden können und die Phase der Erblindung nicht zu lange zurückliegen darf.

Außer diesen europäischen Projekten gibt es auch auf globaler Ebene noch zahlreiche weitere Projekte, die sich aber bezüglich der Navigationsunterstützung für Blinde nicht wesentlich von den hier vorgestellten unterscheiden. Weitere Systeme, die zum Teil auch schon kommerziell erhältlich sind beziehungsweise sich noch in der Entwicklung im näheren Forschungsumfeld befinden, sind im Folgenden beschrieben.

Hinderniserkennungssysteme

Neben dem Langstock, dem nach wie vor wichtigsten Hilfsmittel zur Hinderniserkennung, informieren technische Hinderniserkennungssysteme die Benutzer üblicherweise über Objekte in der unmittelbaren Umgebung durch akustische Signale oder Vibrationselemente, deren Frequenz sich in Abhängigkeit von der Distanz ändert. Hierbei werden meist Ultraschall- oder Lasersignale verwendet [Miniguide, UltraCane, LaserCane]. Andere Verfahren, die ebenfalls zu dieser Klasse gezählt werden können, setzen Videosignale in akustische Tonfolgen um. Die Interpretation dieser Signale ist jedoch äußerst gewöhnungsbedürftig und nur einzelne Blinde sind bereit, diesen Aufwand zu betreiben und die Nutzung dieser Geräte wird häufig auch nach einigen Wochen aufgegeben [SWS].

Ebenfalls in diese Klasse Hilfsmittel zur Hinderniserkennung können die Retina-Chips gezählt werden, zum Beispiel [RET]. Sie ermöglichen das schemenhafte Erkennen von Kanten

Objekterkennungssysteme

Die vielleicht größten Fortschritte im Forschungsbereich für Blinde und Sehbehinderte wurden im Laufe der letzten Jahre bei den Algorithmen zur Objekterkennung gemacht. Als wichtiger Schritt im Bereich mobile Objekterkennung für Blinde ist die Entwicklung von Ray Kurzweil zu werten, der ein tragbares Geräte mit integrierter digitaler Kamera entwickelt hat, das für Blinde fotografierte Texte vorlesen kann [Reader]. Außerdem sind hier die Forschungsarbeiten zur Personen- beziehungsweise Gesichtserkennung erwähnenswert, die aber bis jetzt meist isoliert angegangen werden [KB06].

Zusammenfassung des aktuellen Stands der Technik

Der aktuelle Stand der Forschung und der Technik ist, dass es zahlreiche Produkte und Serviceleistungen für Blinde, Taubblinde und Sehbehinderte gibt, die das alltägliche Leben erleichtern sollen. Viele dieser Lösungen sind nur bei speziellen Aufgaben und in isolierten Bereichen einsetzbar. Der Innovationsgehalt des hier beschriebenen Projektes liegt darin, die Navigations- und Erkennungsfähigkeiten von sensorisch Behinderten auf der Basis von Umgebungsmodellen signifikant zu verbessern und vielsprechende andere Lösungen aus existierenden Systemen und Dienstleistungen in einem Gerät zusammenzuführen, mit dem auf Wunsch Informationen über Server-

verbindungen bezogen werden können, das andererseits aber auch autark betrieben werden kann. Zur Zeit ist kein System bekannt, das mit dem Gesamtkonzept von Nexus unter Berücksichtigung aller aktuellen und zukünftigen Optionen vergleichbar wäre. Es gibt es kein flächendeckendes Navigationssystem für Blinde und hochgradig Sehbehinderte, das sowohl in Gebäuden als auch außerhalb den Anforderungen und Wünschen der zumeist schwer zu motivierenden, älteren potentiellen Nutzer auch nur in Ansätzen gerecht wird. Die Zukunft der meisten Projekte ist aufgrund technischer Schwächen, insbesondere hinsichtlich der Hard- und Softwareergonomie, zu kurzen Projektlaufzeiten und einer unzureichenden Finanzierung mehr als fraglich.

Arbeiten für sensorisch Behinderte im Sonderforschungsbereich 627

Im Rahmen des Teilprojekts D2 wurde die zentrale Nexus-Idee einer offenen Plattform, die unter Berücksichtigung der Privatheit und des Datenschutzes aktuell interessierende Daten aus Umgebungsmodellen automatisch oder auf Wunsch zur Verfügung stellt, aufgegriffen und auf die Anforderungen von Blinden und Taubblinden übertragen. Hierbei war und ist die Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt „Reflexion und Bewertung“ (D3) aus der Technikphilosophie von größter Wichtigkeit, da in diesem Projekt auch viele Punkte, die sowohl die Gesellschaft als auch den einzelnen Nutzer betreffen, kritisch hinterfragt werden, die im eher technischen Forschungsalltag schnell übergangen werden, die letztlich aber von entscheidender Bedeutung bezüglich Akzeptanz von technischen Systemen sind beziehungsweise werden können.

Bei der Realisierung der Kombination von lokaler Sensorik und Umgebungsmodellen wurden zunächst die Anforderungen an die Formate der 3D-Modelle identifiziert und entsprechende Formate ausgewählt und angepasst, die zum einen die Anforde-

rungen (interaktive Prozessierung von 3D-Modellen über Client-Server-Verbindungen, vielseitige Anpassungsmöglichkeiten, Integration erweiterter Informationen) und zum anderen den allgemeinen Anforderungen von Nexus (Hierarchie erhaltende Konvertierbarkeit, Erweiterungsmöglichkeiten) genügen [EE07, REVE07, ESWE04].

Kamerabasierte Selbstlokalisierung und Objekterkennung

Zur Erkennung von statischen Objekten für blinde Benutzer wurde in einem ersten Schritt ein detailreiches 3D-Modell des Informatikgebäudes erstellt. Dieses Modell enthält neben den üblichen Modellobjekten wie Räume und Einrichtungsgegenstände auch kleinere Details wie Steckdosen oder Lichtschalter, die zu einer verbesserten Ausleuchtung und damit zu einer verbesserten optischen Erkennung beitragen können. Das Gebäudemodell wird auf einem Nexus-Server gehalten und kann Angaben zu Anfragen von einem Client zu bestimmten Objekten zurückliefern. Der Client besteht aus einem kleinen portablen Laptop, an den ein kleines handgeführtes Sensormodul angeschlossen ist (Abb. 1). Dieses Sensormodul selbst besteht aus einer Stereokamera und einem Inertialsensor mit einem 3D-Kompass, einem 3D-Gyroskop und einem 3D-Beschleunigungssensor. Mit diesem Sensormodul lässt sich die Umgebung wie mit einer Art Taschenlampe nach Objekten absuchen. Über den Inertialsensor kann die (Blick-)Richtung des Sensors gemessen werden und das Tiefenbild der Stereokamera ermöglicht es, durch Vergleich mit dem 3D-Modell die eigene Position im Raum abzuschätzen. Die eigentliche Objekterkennung läuft folgendermaßen ab: Der Client, der in einem Rucksack getragen werden kann, sendet die aktuellen Informationen der Position und der Ausrichtung des Sensormoduls über eine WLAN-Verbindung an den Nexus-Server, auf dem das 3D-Modell interaktiv prozessiert werden kann. Von der entsprechenden Position wird im 3D-Modell



Abb. 1: Client-Server Lösung mit handgeführtem Sensormodul zur interaktiven Objekterkennung für Blinde, Taubblinde und hochgradig Sehbehinderte.

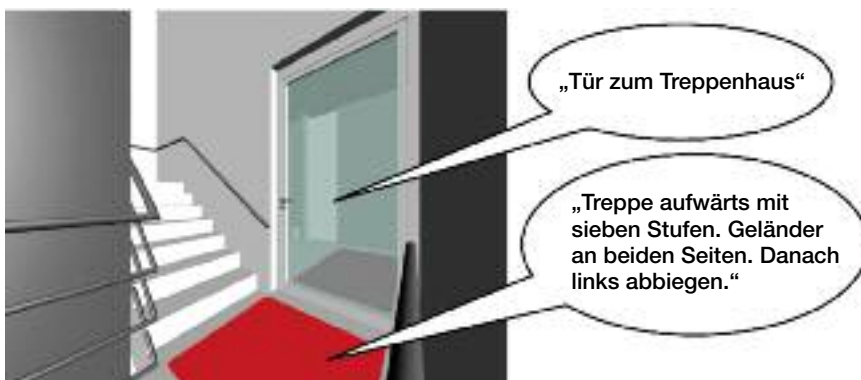


Abb. 2: Modellbasierte Informationen für Blinde vor und an Objekten.

ein sogenannter Pickingstrahl mit der Richtung des Sensor ausgesandt. Der Name und die Eigenschaften des nächstgelegenen Objekts, das von diesem Strahl getroffen wird, können nun, ebenfalls über die WLAN-Verbindung, an den Client zurückgesendet werden und dort dem Benutzer akustisch zur Verfügung gestellt werden [HDE04].

Um die entwickelte Technologie auch für Taubblinde nutzbar zu machen, wurde eine kommerzielle Braillezeile (Braillex EL 40s, Hersteller Papenmeier) in das System integriert [HDE05a], die aufgrund ihres Gewichts und Größe allerdings nur bedingt für den mobilen Einsatz geeignet ist. Dennoch ermöglicht dieses System, dass auch taubblinde Personen die modellierte Umgebung nach Objekten absuchen können und dabei auch ihren Wortschatz in verschiedenen Sprachen durch reale

und virtuelle Erkundung erweitern können [HDE05].

An die Objekte der Umgebungsmodelle können beliebige Textinformationen angeheftet werden. So können blinde Benutzer des Systems über Warnungen oder Hinweise auf architektonische Elemente, beispielsweise vor Treppen oder Drehtüren, akustisch informiert werden [HDE05b] (Abb. 2).

Gemeinsam mit anderen Teilprojekten des Sonderforschungsbereichs 627 wurden technikphilosophische und gesellschaftliche Bedeutungen des Systems erörtert, die Substituierung der unmittelbaren Wahrnehmung durch Sensorik bei sensorischen Behinderungen thematisiert sowie die Möglichkeiten der Realisierung des Datenschutzes und der Privatheit erarbeitet. In einem Workshop zur Anwendungsunterstützung, bei dem nahezu alle Teilprojekte involviert waren, wurden die Teilnehmer über die alltäglichen, einzelnen Schwierigkeiten bei Reisen von Blinden mit öffentlichen Verkehrsmitteln informiert. Dieses Szenario wurde von den Teilnehmern als besondere Herausforderung identifiziert, da hierbei neben den bereits bekannten Herausforderungen an die Nexus-Infrastruktur auch die Aufgaben und Methoden der Metrisierung und Bewertung von Kontext ganz konkret erarbeitet beziehungsweise evaluiert werden können.

Das zunächst handgeführte Sensormodul wurde durch eine (Fahrrad-) Helmversion abgelöst, da die höhere Anbringung der integrierten Stereokamera eine bessere kamerabasierte Selbstlokalisierung ermöglicht (Abb. 3).

Aufgrund der erhöhten Kameraposition lässt sich der Abstand zu Wänden besser bestimmen und durch Vergleich mit einem 3D-Umgebungsmodell die eigene Position im Modell unter guten Bedingungen im Fehlerbereich eines halben Meters ermitteln [HHE06a]. In kontrastarmen Umgebungen oder unter extremen Beleuchtungsverhältnissen kann dieser Fehler auf mehrere Meter ansteigen.

Ein weiterer Vorteil der Helmvariante ist, dass bei der Benutzung gegebenenfalls beide Hände sofort frei sein können, um beispielsweise den Langstock oder sonstige Dinge zu halten. Andererseits ist natürlich das Aussehen und die Handhabung der Helmversion nicht unproblematisch und wird in der jetzigen Version nur von einem Teil der Testpersonen als akzeptabel bezeichnet.

Die Verfahren zur kamerabasierten Objekterkennung wurden erweitert und ermöglichen es nun, einzelne mobile Objekte wie zum Beispiel Personen oder Stühle, die anhand ihrer Form und Farbe trainiert wurden, interaktiv zu tracken und entsprechende Modelle der Objekte im Umgebungsmodell nachzuführen (Abb. 4).

Somit sind die Objektkoordinaten im Modell bekannt und blinde Benutzer können über die genaue Position von einzelnen mobilen Objekten oder die Präsenz von Personen informiert werden (Abb. 5) [HHE06].

Prototyp TANIA - Tactile-Acoustical Navigation and Information Assistant

Parallel zur optischen und modellbasierten Selbstlokalisierung wurde auf der Basis von Inertialmessungen ein Schritterkennungsverfahren eingesetzt, das die Abschätzung der Laufergeschwindigkeit auch bei unterschiedlichen Schrittlängen und Geschwindigkeiten erlaubt. Auf einem Tablet PC wird beim TANIA-System die (2D)-Umgebungskarte präsentiert (Abb. 6). Vor kurzem wurde das TANIA-System auf sehr kleine und leichte sogenannte Ultra Mobil PCs (UMPC) umgestellt. Diese Rechner wurden bei ihren ersten Einsätzen von blinden Versuchspersonen bereits als akzeptabel und alltagstauglich bezeichnet.

Der blinde Benutzer kann sowohl den eigenen Standort abfragen als auch durch Berührung des Touchscreens seine aktuelle Umgebung mit dem Finger erkunden und dabei akustisch Informationen zu kartierten Objekten, ihren Distanzen und zu

ihren Eigenschaften erhalten. Der Touchscreen ist mit taktilen Orientierungstreifen und weiteren tastbaren Strukturen ausgestattet, welche die Orientierung auf der Karte erleichtern (Abb. 7).

Im Navigationsmodus wird die Karte in der Weise nachgeführt, dass sich die eigene Position immer im leicht zu ertastenden Zentrum des Touchscreens befindet. Ein virtueller Modus hilft bei der Vorbereitung auf unbekannte Umgebung und der Planungen von Routen. Im Navigationsmodus kann bei diesem System die Startposition entweder durch GPS oder durch Benutzereingabe vorgegeben werden, dabei hat der Benutzer insbesondere die Möglichkeit, seine Position in der Karte an markanten tastbaren Landmarken wie beispielsweise Türen zu korrigieren. Diese Anwendbarkeit des Benutzerwissens über den eigenen Standort ist nach den bisherigen Erfahrungen eines der wichtigsten Merkmale des TANIA-Systems. Bei anderen Systemen besteht für den Benutzer keine Möglichkeit, die eigene Position in der Karte zu korrigieren, auch wenn diese erwiesenermaßen mit sehr großem Fehler behaftet ist beziehungsweise durch zu schwache GPS-Signale nicht gegeben ist. Um die Genauigkeit des Verfahrens auch über längere Strecken und bei elektromagnetischen Störfeldern zu verbessern, wurden Methoden der Kollisionserkennung mit kartierten Wänden und der Synchronisierung an Ecken eingesetzt [HKE06].



Abb. 3: Durch die Kombination von mitgeführten Sensoren (Stereokamera vorn und Inertialsensor hinten am Fahrradhelm) und Informationen aus Umgebungsmodellen lassen sich auch verschiebbare Objekte wie Stühle interaktiv erkennen und verfolgen.

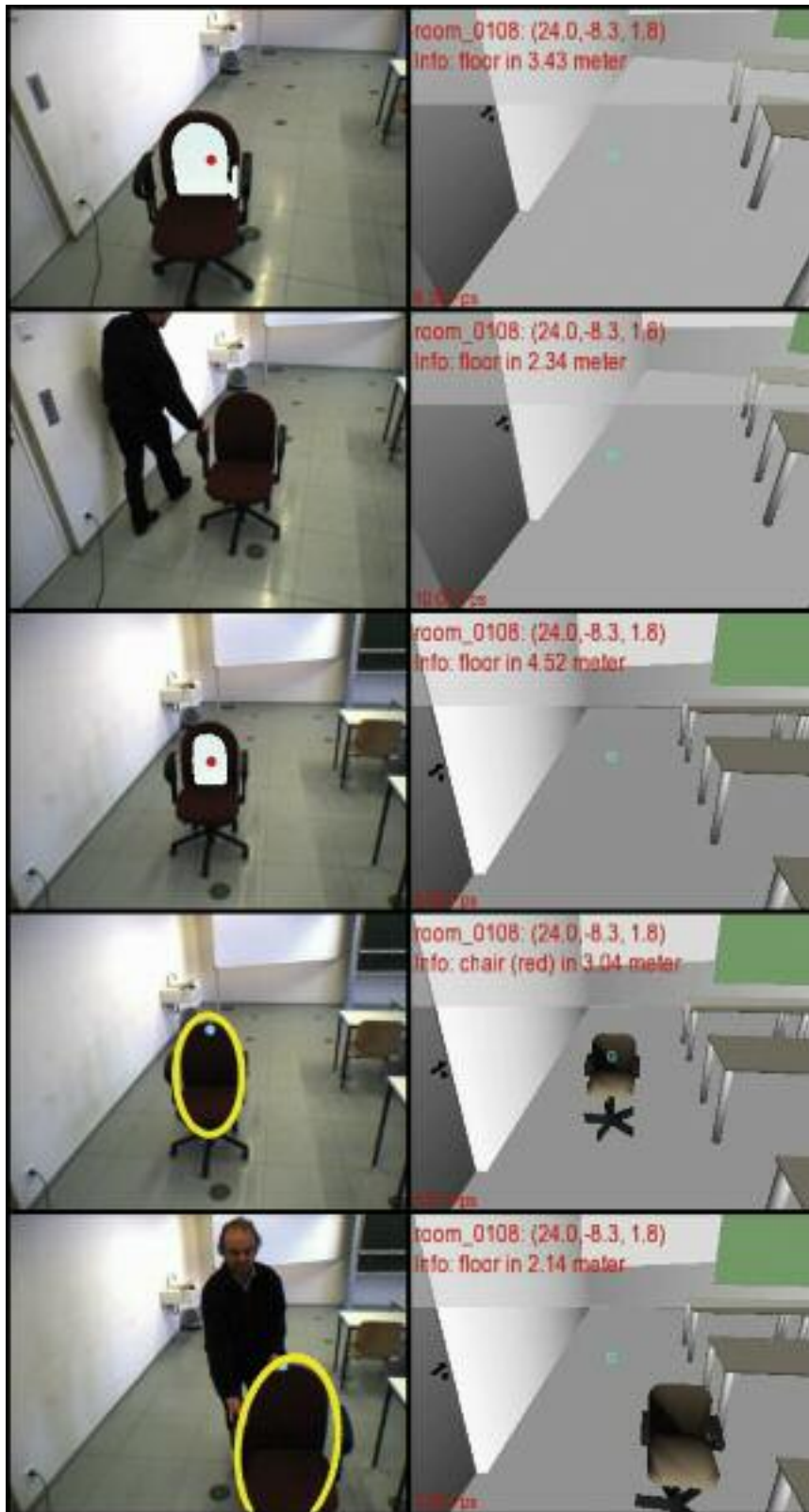


Abb. 4: Form und Farbe eines Stuhls werden zusammen mit dem Objektnamen im System gespeichert (Zeile 1), der Stuhl wird verschoben (Zeile 2), wiedererkannt (Zeile 3), ein virtuelles Modell des Stuhls in das entsprechende 3D-Modell eingefügt (Zeile 4, rechtes Bild) und schließlich interaktiv getrackt (Zeile 5). Über die Koordinaten des virtuellen Stuhls im 3D-Modell kann ein blinder Benutzer über den Ort eines realen Objektes akustisch oder über eine portable Braillezeile informiert werden.



Abb. 5: Über die Farbe von Gesichtern (linke Spalte) und unter Verwendung eines virtuellen Personenmodells (rechte Spalte) lassen sich auch Personen interaktiv tracken. Blinde Benutzer des Systems können so über die Präsenz und den Aufenthaltsort von Personen informiert werden.

Das TANIA-System wurde an verschiedenen Konferenzorten präsentiert und mit einer neuen, leichten Braillezeile mit Brailletastatur (Conny, Hersteller Baum Retec AG) kombiniert (Abb. 8) [HKBE07, HKBE07a].

für Taubblinde nach der Braille-Revolution“ (Eberhard Fuchs, Leiter des Blindeninstituts Würzburg, ehemaliger Vorsitzender ICEVI-Europe). „Das Gerät ist genial – es hat ein enormes Potenzial, insbesondere für die schulische Ausbildung von Blinden und Taubblinden“ (Andrea Scheele, Sonderschullehrerin, jetzt Promotion über das Dialogverhalten hörschädigter Säuglinge und Kleinkinder).

Kommentare zu TANIA

Bei der Fachtagung in Berlin ging aus dem Grußwort des Geschäftsführers des DBSV Andreas Bethke hervor, dass das TANIA-System den Wünschen und Anforderungen an ein Assistenzsystem für Blinde schon in vielerlei Hinsicht entspricht. Von professionellen Betreuern sensorisch Behinderter mit langjähriger Erfahrung wurde der Prototyp von TANIA wie folgt kommentiert: „Das ist die zweite Revolution im Bereich der Hilfsmittel



Abb. 6: Das TANIA-System (Tactile-Acoustical Navigation and Information Assistant) ermöglicht virtuelle Erkundungen von Karten und eine reale Navigationsunterstützung mit Schrittgenauigkeit.



Abb. 7: Über das taktile Overlay des TANIA-Systems können Informationen zum aktuellen Standort und zur aktuellen Umgebung auf intuitive Weise abgefragt werden.

Kombination TANIA und Sensorhelm

Das TANIA-System wurde mit dem oben beschriebenen kamerabasierten Verfahren kombiniert [HHKE07] (Abb. 9). Dabei wird das kameraba-

sierte Objekterkennungssystem durch eine WLAN-Verbindung über den Tablet PC des TANIA-Systems ferngesteuert. Das Problem an dieser Kombination ist allerdings noch, dass der Benutzer drei verschiedene Module (Tablet PC am Tragegurt, ein im Rucksack getragener leistungsfähiger Laptop zur interaktiven Verarbeitung der 3D-Modelle und der Fahrradhelm mit integrierten Sensoren und Stereokamera) mit sich herumtragen muss, wovon zwei der Module – Laptop und Helm – auch noch mit den Kabeln der Stereokamera und des Inertialsensors verbunden sind. Diese Kombination von Hardwaremodulen ist bis jetzt nur für ausgewählte Testpersonen geeignet.

Des Weiteren wurden bereits erste erfolgreiche Tests mit einem Proto-



Abb. 8: Aktuelle Hardwarekomponenten (Rechner, Inertial- und GPS-Sensor, optional Braillezeile mit Brailletastatur) und Handhabung von TANIA.

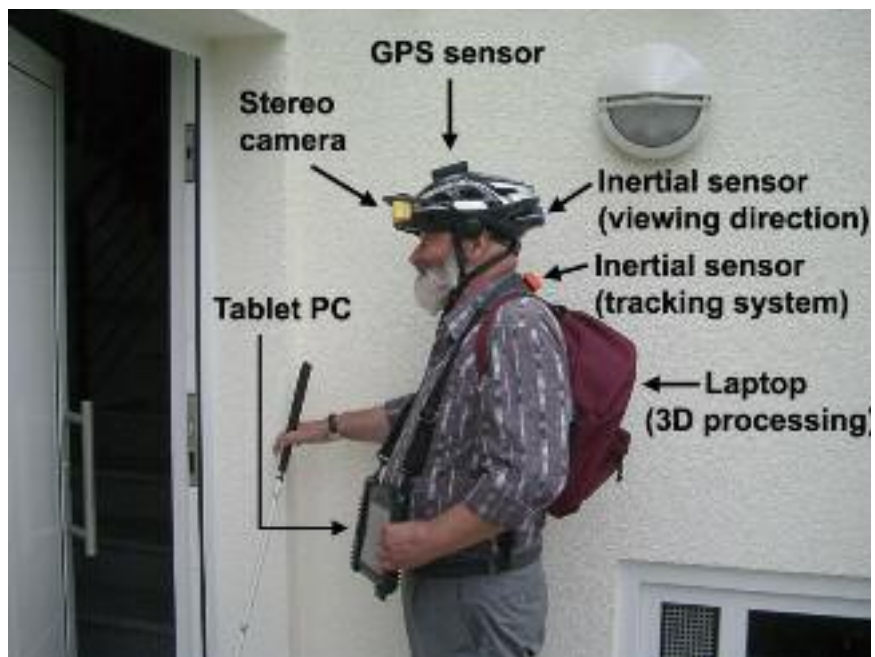


Abb. 9: TANIA in Kombination mit dem entwickelten Sensorhelm.

typ einer portablen Braillezeile mit Active Tactile Control (ATC) Technologie (Hersteller Handy Tech) durchgeführt. Bei dieser Technologie wird der Piezoeffekt in beide Richtungen ausgenutzt. Zum einen können (wie üblich) die einzelnen Stifte der Braillemodule über eine Spannungsänderung angehoben oder gesenkt werden und zum anderen lässt sich durch Druck auf die Braillestifte eine Spannungsänderung verursachen, die ihrerseits die Bestimmung der aktuellen Position des Lesefingers ermöglicht. Auf diese Weise kann erkannt werden, wenn der Lesefinger am letzten Buchstaben angekommen ist und es kann ein automatisches Scrollen des Textes eingeleitet werden, was die Lesegeschwindigkeit deutlich erhöht und auch ein schnelles „Überfliegen“ von längeren Texten ermöglicht, ohne ständig eine zusätzliche Taste drücken zu müssen (Abb. 10) [Hub08a].

Segment- und Gitternetz-basierte Navigationsunterstützung

Die Karten des Wohnorts des blinden Projektmitarbeiters wurden durch benannte Segmente (Abb. 11) und Gitternetze erweitert, die bei entsprechender Kartierung und unter guten GPS-Bedingungen eine Navigation im Genauigkeitsbereich von ein bis zwei Metern ermöglichen. Diese Segmente sind an den Verlauf der Straßen angepasst und beinhalten die Informationen über Fahrbahn-



Abb. 10: Die Kombination von TANIA mit einer ATC-Braillezeile ermöglicht das schnelle Lesen von längeren Texten auch für Taubblinde, da beim letzten Braille-Buchstaben automatisch gescrollt wird.



Abb. 11: Screenshot der TANIA-Oberfläche mit Karte, Maßstabstaste mit akustischer Ausgabe (vertikale Linie), Softkeys (rechte Seite) und den aktuellen Positionen, die über GPS (blauer Kreis) und das entwickelte Trackingverfahren bestimmt werden (roter Kreis). Auf Tastendruck können diese Positionen einmalig oder periodisch synchronisiert werden.

und Gehwegbereiche sowie über die Entfernung vom Anfang der Straße. Zusammen mit der Distanz, die über das Schritterkennungsverfahren ermittelt wird, kann ein blinder Benutzer über die zurückgelegte Entfernung vom Anfang der Straße informiert werden. Auf großen Plätzen ohne Blindenleitlinien helfen Gitternetze, deren Segmente wie bei einem Schachbrett benannt sind, bei der Navigation [Hub08, Hub08d].

Entwicklung eines globalen Standards für Umgebungsmodelle für Blinde

Mit Kontaktpersonen der Hilfsmittelhersteller, die bereits kommerziell erhältliche GPS-Geräte anbieten, wurden die Möglichkeiten der Entwicklung eines globalen Kartenstandards für Blinde erörtert. Diese Anbieter von Navigationsgeräten sind sich der bestehenden Defizite ihrer Produkte und ihrer Karten vor allem im Indoor-Bereich sehr bewusst. Die Vorteile der im Sonderforschungsbereich 627 eingesetzten Formate sind bei diesen zukünftigen Kooperationspartnern auf großes Interesse gestoßen, da sie die Voraussetzungen für einen solchen Standard erfüllen [Hub08b].

Gründung einer gemeinnützigen Organisation

In Anbetracht der mangelnden Strukturen in vielen Ländern wurde die gemeinnützige Organisation „BNI Blindnavigation International“ gegründet, um die anstehenden Herausforderungen angehen zu können [BNI]. Seit der Gründung sind zahlreiche Anfragen aus verschiedensten Ländern eingegangen, vor allem von Betroffenen, die sich für den Einsatz in ihrem persönlichen Wohn- und Arbeitsumfeld interessieren. Andererseits haben sich auch schon einige Hilfsmittelhersteller gemeldet, die ihre Produkte gerne mit TANIA kombinieren würden, unter ihnen ein Hersteller von Langstöcken, die mit Spektralsensoren ausgestattet sind und bei direkter

Berührung des speziellen Sensorgriffs mit der Ampel erkennen können, wann eine Fußgängerampel grünes Licht zeigt und daraufhin ein akustisches Signal aussenden. Andere Hersteller von typischen Insellösungen für Blinde, zum Beispiel akustische Signalgeber an Ampeln, taktile Karten, Braillebeschriftungen oder kurzreichweitige RFID-Lösungen, haben ebenfalls Interesse an einer Kooperation signalisiert, da die beste oder sicherste Insellösung für Blinde nutzlos ist, wenn die potentiellen Nutzer nicht wissen, dass sie existiert, wo sie sich befindet und wie sie zu ihr kommen können. Textinformationen zu diesen Insellösungen können ohne Weiteres an die oben beschriebenen Segmente oder an Objekte angeheftet werden.

Projektarbeit

Im Rahmen der Usability-Tests, die auf der „Technology and Persons with Disabilities Conference“ in Los Angeles im März 2008 und auf verschiedenen anderen Konferenzen und Hilfsmittelmessen durchgeführt wurden, hat sich gezeigt, dass der entwickelte Prototyp des TANIA-Systems bei entsprechend genauer Kartierung innerhalb und außerhalb von Gebäuden von Blinden und Taubblinden als Navigationssystem mit Schrittgenauigkeit verwendet werden kann. Von technisch versierten Versuchspersonen konnte die Bedienung des Assistenzsystems mit allen Optionen innerhalb weniger Minuten erlernt werden. Bei diesen Tests hat als prominenteste Versuchsperson auch Stevie Wonder teilgenommen, der, nach eingehender Prüfung und sehr positiver Bewertung des Prototyps, seine Bereitschaft zur Unterstützung des Pro-

jekts bei den gesellschaftspolitischen Aufgaben zugesagt hat. Obwohl Stevie Wonder selbst keinen Mangel an Begleitpersonen hat, fand er die Perspektive, bald in vielen Bereichen selbständig und vor allem auch in unbekannten Umgebungen ohne fremde Hilfe navigieren zu können, äußerst attraktiv. Für die Usability-Tests in Los Angeles wurden zwei große Konferenzhotels und die Verbindungsstraßen mit großer Genauigkeit kartiert. In die Karten wurden zahlreiche Informationsbereiche zur Hotelarchitektur, zur Konferenz und zu den Ausstellungsräumen der Hilfsmittelmesse integriert, die eine Positionsbestimmung mit Schrittgenauigkeit ermöglichen. Darüber hinaus wurden erweiterte Textinformationen zu den Ausstellern und zu Produkten, zu Fahrplänen an Haltestellen und zu Speisekarten in Restaurants integriert, die an den entsprechenden Orten akustisch beziehungsweise über die angeschlossenen Braillezeile abgerufen werden können.

In Zusammenarbeit mit der Taubblindenorganisation „Sense“ in England und den örtlichen Vermessungsämtern wird zur Zeit die Kartierung des neuen Gebäudes und dessen Umgebung für Taubblinde in London durchgeführt. Auch hierbei werden Segmente mit Textinformation und Gitternetze zur Navigationsunterstützung eingesetzt. Zusätzlich werden an geeigneten Orten in der Karte, wie zum Beispiel dem Haupteingang, abstrahierte Beschreibungen der architektonischen Gegebenheiten (Anzahl der Stockwerke und der Türen

sowie die allgemeine Raumeinteilung) und zugehörige Navigationsmöglichkeiten an entsprechenden Orten verlinkt.

Mit dem Blindeninstitut in Würzburg wird ein gemeinsames Projekt durchgeführt, bei dem Jugendliche, die vollkommen gehörlos und völlig blind sind, bei der Navigation im mehrere Hektar großen Gebiet des Würzburger Instituts und bei der Kommunikation unterstützt werden sollen. Im Rahmen dieses Projekts konnte bereits gezeigt werden, dass Taubblinde mit den entwickelten Systemen mit allen kommunizieren können, die eine gewöhnliche Tastatur bedienen können (Abb. 12). Dies stellt einen weiteren sehr wichtigen Schritt für die Selbständigkeit von Taubblinden dar, da sie ansonsten immer auf die Anwesenheit von Dolmetschern angewiesen sind.

Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass die Basisfunktionen des TANIA-Systems sowohl von taubblinden Jugendlichen als auch von älteren blinden Personen ohne Erfahrung mit Computern innerhalb weniger Minuten erlernt werden können (Abb. 13) [Hub08c].

Mit weiteren internationalen Kooperationspartnern wurde die blindengerechte Kartierung von Blindeninstitutionen und die Bereitstellung von Prototypen vereinbart beziehungsweise für die nahe Zukunft angestrebt, sobald die benötigten Karten und die finanziellen Mittel für die Aufbereitung der Karten und die Prototypen zur Verfügung stehen.



Abb. 12: Taubblinde können mit dem TANIA-System und unter Verwendung einer zusätzlichen Tastatur mit allen kommunizieren, die eine gewöhnliche Tastatur bedienen können.



Abb. 13: Die Bedienung des TANIA-Systems kann auch von Taubblinden innerhalb kurzer Zeit erlernt werden.

Über die Bereitschaft zur Bereitstellung existierender Karten

Wenngleich dieses Projekt bei vielen sensorisch Behinderten, Mobilitätstrainern, einigen Politikern und Mitarbeitern von Vermessungsämtern inzwischen schon auf großes Interesse gestoßen ist und auch die Herausgabe existierender Karten und Modelle in manchen Bundesländern, darunter erfreulicherweise auch Baden-Württemberg, meist problemlos und unbürokratisch gehandhabt wird, so ist es in anderen Bundesländern unmöglich, auf bestehendes Kartenmaterial gemäß den Gesetzen zur Barrierefreiheit kostenfrei zuzugreifen. Interessanterweise kommt insbesondere bei Politikern zuweilen die Frage auf, wer denn nun für die Anwendung der Gesetze zur Barrierefreiheit zuständig ist: Der Bund, die Länder, die Kommunen oder besser noch einfach irgendwelche Stiftungen – das wäre der bequemste Weg. Gerade im internationalen Vergleich ist diese – vielleicht typisch deutsche – Situation besonders auffallend und peinlich. In keinem anderen Land der Welt, in dem bisher Pilotprojekte durchgeführt wurden, hat es bezüglich der Bereitstellung von Karten und Umgebungsmodellen vergleichbare Probleme gegeben. Im Gegenteil – in den meisten Fällen wurde alles getan, um das existierende Kartenmaterial in einfach zu integrierende Dateiformate zu konvertieren. Kostenfrei – versteht sich.

Schlussbemerkung in eigener Sache

Dass im Bereich der Forschung für sensorisch Behinderte noch viel getan werden muss, steht außer Frage. Die eigentlichen Herausforderungen liegen vor allem im strukturellen, gesellschaftlichen und politischen Bereich. Hier sind auch an der Universität Stuttgart weitere Verbesserungen möglich: Beim Tag der Wissenschaft im Jahr 2007 wurde der damalige Prototyp von einem blinden Studenten der Universität Stuttgart getestet, der daraufhin sofort seine

Bereitschaft zur aktiven Unterstützung dieses Projekts zugesagt hat. Inzwischen studiert er an der Universität in Karlsruhe, da dort die Studienbedingungen für Blinde und Sehbehinderte weiter fortgeschritten sind. So bedauernswert dieser Studienortwechsel aufgrund verbesserungswürdiger Bedingungen ist, so hat er doch mit dazu beigetragen, dass unter maßgeblicher Beteiligung der Universitätsleitung und der Studierendenvertretung innerhalb kurzer Zeit ein Projekt mit dem Namen ASBUS (Assistenz für sensorisch Behinderte an der Universität Stuttgart) begonnen werden konnte, das blinden und sehbehinderten Studierenden ein selbstbestimmtes Studium ermöglichen soll. In diesem Projekt werden studienrelevante Informationen in das TANIA-System integriert, um neben der selbständigen Navigation in unbekannten Bereichen auch ein kontextbezogenes Studieren an der Universität Stuttgart zu ermöglichen. Beispielsweise soll bereits Studienanfängern der Einstieg in das Studium durch Hinweise auf Raumstrukturen, Lehrveranstaltungen und die richtigen Ansprechpartner erleichtert werden. In einem weiteren Schritt sollen in das Assistenzsystem auch Angebote und Dienstleistungen außeruniversitärer Stellen integriert werden, wie zum Beispiel Fahrpläne öffentlicher Verkehrsmittel oder Angebote der Stadt Stuttgart. Es versteht sich allerdings von selbst, dass dieses Projekt, trotz der technischen Fortschritte, auf die aktive Beteiligung des gesamten Lehrkörpers und die Unterstützung durch die verschiedenen Studierendenorganisationen angewiesen ist.

Literatur

- [ASK-IT] <http://www.ask-it.org/index.php>
[BAP] http://www.bapin.info/anindya_articles_Allen_Brill.html
[BNI] <http://www.blindnavigationinternational.org/>
[Casblip] <http://www.casblip.upv.es/indexenglish.html>
[EagleEye] <http://p31793.typo3server.info/>
[EE07] M. Eissele und T. Ertl. Mobile Navigation and Augmentation utilizing Real-World Text. In Mensch und Computer 2007, Workshop on Nomadic and Wearable Computing, 2007
[ESWE04] M. Eissele, S. Stegmaier, D. Weiskopf, und T. Ertl. Orientation as an additional User Interface in

Mixed-Reality Environments. In Müller, Stefan und Brunnett, Guido und Goebel, Martin, Editor, 1. Workshop Erweiterte und Virtuelle Realität, 79-90. GI-Fachgruppe AR/VR, 2004

[FrScie] http://www.freedomscientific.com/fs_products/StreetTalk.asp

[HDE04] A. Hub, J. Diepstraten und T. Ertl. Design and Development of an Indoor Navigation and Object Identification System for the Blind. Proceedings of the ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, Designing for accessibility, Atlanta, GA, USA, 147-152, 2004

[HDE05] A. Hub, J. Diepstraten und T. Ertl. Learning Foreign Languages by using a new type of Orientation Assistant for the Blind. Conference Proceedings: International Council for Education of People with Visual Impairment, European Conference, Chemnitz, Germany, 339-341, 2005

[HDE05a] A. Hub, J. Diepstraten und T. Ertl. Design of an Object Identification and Orientation Assistant for the Deafblind. Conference Proceedings of the 6th Dbl European Conference on Deafblindness, Presov, Slovakia, 2005

[HDE05b] A. Hub, J. Diepstraten und T. Ertl. Augmented Indoor Modeling for Navigation Support for the Blind. Proceedings of the 2005 International Conference on Computers for People with Special Needs, Las Vegas, NV, USA, 54-59, 2005

[HHE06] A. Hub, T. Hartter und T. Ertl. Interactive Tracking of Movable Objects for the Blind on the Basis of Environment Models and Perception-Oriented Object Recognition Methods. Proceedings of the 8th ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, October 23-25, Portland, OR, USA, 111-118, 2006

[HHE06a] A. Hub, T. Hartter und T. Ertl. Interactive Localization and Recognition of Objects for the Blind. California State University, Northridge Center on Disabilities' 21st Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference, Los Angeles, CA, 2006. <http://www.csun.edu/cod/conf/2006/proceedings/2661.htm>

[HHKE07] A. Hub, T. Hartter, S. Kombrink und T. Ertl. Real and virtual explorations of the environment and interactive tracking of movable objects for the blind on the basis of tactile-acoustical maps and 3D environment models. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, May 2007, 1-12

[HKBE07] A. Hub, S. Kombrink, K. Bosse und T. Ertl. Conference Navigation and Communication Assistant for the Deafblind based on Tactile and Acoustically Amplified Augmented Map Information for the 14th Deafblind International World Conference. Conference Proceedings of the 14th Deafblind International World Conference, September 25-30, Perth, Australia, 2007

[HKBE07a] A. Hub, S. Kombrink, K. Bosse und T. Ertl. TANIA - A Tactile-Acoustical Navigation and Information Assistant for the 2007 CSUN Conference. Conference Proceedings of the California State University, Northridge Center on Disabilities' 22nd Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference, March 19-24, Los Angeles, CA, USA, 2007

[HKE06] A. Hub, S. Kombrink and T. Ertl. Tactile-Acoustical Navigation Assistant for Real and Virtual Explorations of the Environment. Conference Proceedings of the 1st Multi-disciplinary Vision Rehabilitation & Research Conference ENVISION 06, September 21-24, Kansas City, MO, USA, 48, 2006

[Hub08] A. Hub. Precise Indoor and Outdoor Navigation for the Blind and Visually Impaired Using Augmented Maps and the TANIA System. Conference Proceedings of the 9th International Conference on Low Vision, July 7-11, Montreal, Canada, 2008

[Hub08a] A. Hub. Integration of Active Tactile Control Braille Technology into Portable Navigation and Object Recognition Systems for the Blind and Deafblind. Conference Proceedings of the 9th International Conference on Low Vision, July 7-11, Montreal, Canada, 2008

[Hub08b] A. Hub. Map Requirements and Attainable Public Policy for an Installation-free Worldwide Navigation and Information System for the Blind. Conference Proceedings of the 9th International Conference on Low Vision, July 7-11, Montreal, Canada, 2008

[Hub08c] A. Hub. Taktile-Akustische Navigationsunterstützung für ältere blinde und sehbehinderte Menschen auf der Basis erweiterter Umgebungsmodelle. In: E. Maier, P. Roux (Hrsg.), Usability Day VI, Senioren-gerechte Schnittstellen zur Technik, 16. Mai 2008 Dornbirn, Papst Science Publishers, 104-107

[Hub08d] A. Hub. Guiding Grids in Augmented Maps for Precise Installation-Free Worldwide Blind Navigation. To appear in: Conference Proceedings of the California State University, Northridge Center on Disabilities' 23rd Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference, March 10-15, Los Angeles, CA, USA, 2008

[KB06] S. Krishna, and J. Black. Icare Interaction Assistant: A Wearable Face Recognition Device to Facilitate Social Interaction. California State University, Northridge Center on Disabilities' 21st Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference, Los Angeles, CA, 2006

<http://www.csun.edu/cod/conf/2006/proceedings/2893.htm>

[Lasercane] <http://www.vistac.de/index.html>

[LST] <http://www.loadstone-gps.com/>

[Miniguide] <http://www.miniguide.de/prod01.htm>

[Nav4blind] <http://www.standort-hellweg.de/Vision.658.0.html>

[Odilia] https://online.tugraz.ac.at/tug_online/fdb_detail.ansicht?cvfanr=F20217&cvorgnr=37&sprache=1

[Pavip] <http://www.bones.ch/pages/ger/pavip.html>

[Pontes] https://online.tu-graz.ac.at/tug_online/fdb_detail.ansicht?cvfanr=F18624&cvorgnr=37&v_proces=8&sprache=2

[Reader] <http://www.knfbreader.com/>

[RET] <http://www.retina-implant.de/>

[REVE07] M. Rotard, M. Eissele, R. Van Putten, and T. Ertl. Zoomable User Interfaces in SVG. In SVG Open 2007, <http://www.svgopen.org/> (electronic proceedings), 2007

[Sendero] <http://www.senderogroup.com/shopgps.htm>

[SWS] <http://www.seeingwithsound.com/>

[Tag-it] <http://www.dlinfo.de/>

[TAS] <http://www.tu-ilmnau.de/fakmb/TAS.551.0.html>

[Trekker] <http://www.humanware.com/en-europe/products/gps/trekker>

[UltraCane] <http://www.batcane.com/>

[VW07] T. Völkel, and G. Weber. A New Approach for Pedestrian Navigation for Mobility Impaired Users Based on Multimodal Annotation of Geographical. In: Universal Access in Human-computer Interaction. Ambient Interaction. Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/Heidelberg, 2007, 575-584

[WFA] <http://www.mywayfinder.com/manual/access/de/main.html>



mittelindustrie, internationalen Forschungseinrichtungen und staatlichen Institutionen die selbständige Mobilität und die Teilnahme von sensorisch Behinderten am gesellschaftlichen Leben, gemäß den Gesetzen und UN-Konventionen zur Barrierefreiheit, nachhaltig zu verbessern. Seit 2009 ist Dr. Andreas Hub Leiter des Projekts „Assistenz für sensorisch Behinderte an der Universität Stuttgart“.

Dr. Andreas Hub

Jahrgang 1967, studierte Physik und Mathematik an den Universitäten Tübingen, Aix-Marseille und Ulm. Am Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried entwickelte er im Rahmen der Promotion in Physik an der TU München ein Farberkennungsgerät für Blinde, das auf Distanz und unter Berücksichtigung der Umgebungsfarben wahrgenommene Farben messen kann. Seit 2000 hat er die Methoden zur Farb-, Objekt- und Personenerkennung für Blinde, Taubblinde und hochgradig Sehbehinderte als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Universität Stuttgart weiterentwickelt. Im Jahr 2003 wurde sein Projekt in den Sonderforschungsbereich 627 „Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“ integriert und im Rahmen der Teilprojekte „Orientierungshilfen für Blinde“ beziehungsweise „Entwicklung von kontextbasierten Assistenzsystemen für Personen mit sensorischen Einschränkungen“ am Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme fortgeführt. Zur Koordinierung der technischen Umsetzung der Ergebnisse aus der Grundlagenforschung hin zu innovativen Dienstleistungen und Produkten für sensorisch Behinderte gründete Dr. Andreas Hub im April 2007 die gemeinnützige Gesellschaft „BNI Blindnavigation International“. Das Ziel dieser Gesellschaft ist es, in enger Zusammenarbeit mit internationalen Blinden- und Taubblindenorganisationen, Partnern aus der Hilfs-